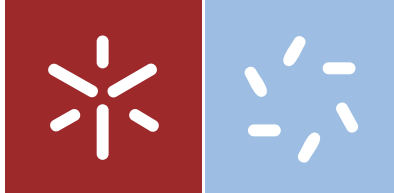


Universidade do Minho  
Escola de Ciências

Ana Isabel Campos Oliveira da Silva

Relatório de atividade profissional





Universidade do Minho  
Escola de Ciências

Ana Isabel Campos Oliveira da Silva

Relatório de atividade profissional

Ao abrigo do despacho RT-38/2011

Mestrado em Ciências - Formação Contínua de Professores  
Área de especialização Física e Química

Trabalho realizado sob a orientação da  
Professor Doutora Cacilda Maria Lima de Moura

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar por agradecer á professora Doutora Cacilda Moura, pela partilha do seu amplo conhecimento, pela sua total disponibilidade e acompanhamento durante a elaboração deste relatório.

Ao meu marido, António Martins, amigo de todas as horas, de inesgotável paciência e pela cumplicidade sempre demonstrada.

Aos meus filhos, Francisco e Ana Jorge, pela compreensão e carinho que sempre me deram.

Aos meus pais pelo apoio incondicional.



Mestrado em Ciência – Formação Contínua de Professores

Área de especialização em Física e Química

Relatório da atividade Profissional

Ao abrigo do Despacho RT-38/2011

## RESUMO

A apresentação do presente relatório visa a obtenção do Grau de Mestre em Ciências – Formação Contínua de Professores na Área de Especialização de Física e Química, de acordo com o estabelecido no despacho RT-38/2011 regulamentado pela Circular VRT/RVC-01/2012.

O relatório expõe a experiência profissional relevante da autora, nas vertentes científicas e pedagógica, enquanto Professora de Física e Química, ao longo de 20 anos de serviço. Apresenta um enquadramento científico onde se aborda especificamente a temática sobre “Trabalho e Energia”, no contexto do programa de Física do 10º ano de escolaridade, versando aspetos mencionados nos programas da disciplina para os ensinos básico e secundário.

Na segunda parte do relatório, é apresentado o uso de simulações computacionais como estratégia de ensino da ciência na sala de aula. Aqui pretende-se atualizar e reforçar a componente de formação científica, nomeadamente na área da física, recorrendo-se a exemplos exploratórios criados em ambiente computacional, com o *software* Modellus.

No que concerne à prática pedagógica, são apresentados e discutidos alguns dos projetos desenvolvidos no decurso da atividade profissional, com o intuito de contribuir para o desenvolvimento e a melhoria do processo ensino/aprendizagem. De seguida, referem-se as ações de formação realizadas, como formanda, referindo-se a sua importância para a melhoria do desempenho nas vertentes científica e pedagógica.

Mestrado em Ciência – Formação Contínua de Professores

Área de especialização em Física e Química

Relatório da atividade Profissional

Ao abrigo do Despacho RT-38/2011

## ABSTRACT

The presentation of this report aims to obtain the Master's Degree in Sciences – Teachers' Lifelong Training, in the specialised field of Physics and Chemistry, according to the order RT-38/2011 regulated by the circular VRT/RVC-01/2012.

This report focuses on the relevant professional experience of the author in the scientific and pedagogical aspects, whilst a Physics and Chemistry teacher, through 20 years of experience. It presents a scientific framework which specifically addresses the theme of "Work and Energy" in the context of the Physics curriculum of the 10th grade, covering aspects mentioned in the curriculum of the subject for primary and secondary education.

In the second part of the report, the use of computer simulations as a teaching strategy of science in the classroom is presented. Here the goal is to update and strengthen a scientific training component, particularly in the area of physics, making use of exploratory examples created in computational environment with Modellus software.

Regarding the teaching practice, some of the projects developed in the course of professional activity are presented and discussed, in order to contribute to the development and improvement of the teaching / learning process. Then, there is reference to the training actions taken as a trainee, referring to its importance to the improvement of the performance in scientific and pedagogical aspects.

## ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS .....	iii
RESUMO .....	iv
ABSTRACT.....	v
ÍNDICE GERAL.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE TABELAS.....	x
I. INTRODUÇÃO .....	1
II. ENQUADRAMENTO CIENTÍFICO.....	3
1.1. Breve Contextualização Histórica.....	3
1.2. Sistema, fronteira e vizinhança.....	8
1.3. O que é a energia?.....	10
1.4. Energia de um sistema .....	13
1.5. Energia potencial .....	14
1.6. Energia cinética .....	16
1.7. Outras formas de energia.....	18
1.8. Energia associada a corpos em queda livre .....	19
1.9. Energia mecânica .....	19
1.10. Partícula material e centro de massa.....	20
1.11 Trabalho realizado por uma força constante e por uma força variável .....	22
1.12. Trabalho e Energia cinética.....	31
1.13 Trabalho realizado pela força gravítica .....	32
1.14. Trabalho e energia potencial gravítica .....	37
1.15. Conservação da energia mecânica.....	40
1.16. Forças não conservativas e dissipação de energia .....	41
1.17. Rendimento.....	44
III. PROPOSTAS DE ATIVIDADES COM RECURSO A SIMULAÇÕES .....	48
1.Introdução.....	48
2.Tarefas utilizando o software Modellus .....	49
IV. PERCURSO PROFISSIONAL E AÇÕES DE FORMAÇÃO .....	60
1. Formação inicial e percurso profissional.....	60

1.1. Introdução.....	60
1.2. Descrição da atividade docente.....	61
1.3. Apresentação e discussão de projetos desenvolvidos e competências adquiridas.....	63
1.4. Organização de Visitas de Estudo.....	75
2. Ações de Formação .....	84
V. CONCLUSÃO .....	87
BIBLIOGRAFIA .....	88
APÊNDICES .....	89
ANEXOS .....	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Joseph Black (1728-1799) .....	4
Figura 2 – Benjamim Thomson (1753-1814) .....	5
Figura 3 – Julius Robert von Mayer (1814-1878).....	6
Figura 4 – James Prescott Joule (1818-1889).....	7
Figura 5 – Experiência de Joule para determinação do “equivalente mecânico de calor”..	8
Figura 6 - Representação esquemática de um sistema físico.....	9
Figura 7 – Exemplo de um sistema físico. ....	9
Figura 8 – Exemplificação de tipos de sistemas. ....	10
Figura 9 – Corpo a uma altura h acima do solo.....	15
Figura 10 – Movimento de um pêndulo.....	20
Figura 11 – Exemplificação de tipos de sistemas.....	21
Figura 12 – Movimento de translação do corpo. ....	22
Figura 13 – Deslocamento do corpo por ação da força $\vec{F}$ com a mesma direção do deslocamento.....	24
Figura 14 – Deslocamento de um corpo por ação da força $\vec{F}$ com direção diferente à direção do deslocamento. ....	24
Figura 15 – Deslocamento de um corpo por ação da força $\vec{F}$ com o mesmo sentido do deslocamento (a) com sentido contrário ao deslocamento (b).....	26
Figura 16 – Deslocamento de um corpo por ação da força $\vec{F}$ com direção perpendicular ao deslocamento.....	26
Figura 17 – Forças que atuam num corpo: força de atrito ( $\vec{F}_a$ ), reação normal ( $\vec{R}_N$ ) e força de tração ( $\vec{F}$ ). ....	27
Figura 18 – Gráfico da intensidade da força eficaz em função da posição. ....	28
Figura 19 – Gráfico da intensidade da força em função da posição.....	29
Figura 20 – Gráfico da intensidade da força em função da posição.....	29
Figura 21 – Navio sujeito a um sistema de forças que se desloca para a direita.....	30
Figura 22 – Deslocamento de um corpo devido à ação da força resultante $\vec{F}_R$ . ....	31
Figura 23 – Deslocamento de um copro.....	33
Figura 24 – Deslocamento d e um corpo por três percursos diferentes. ....	35
Figura 25 – Corpo de massa m em queda vertical. ....	38
Figura 26 – Representação gráfica da energia em função da altura. ....	41
Figura 27 – Movimento de um corpo ao longo de um plano inclinado com atrito. ....	43
Figura 28 – Movimento de um corpo num plano inclinado com atrito. ....	46
Figura 29 – Captura de ecrã do software Modellus da atividade da tarefa 1. ....	49
Figura 30 – Captura de ecrã do software Modellus da atividade da tarefa 2. ....	51
Figura 31 – Captura de ecrã do software Modellus da atividade da tarefa 3. ....	52
Figura 32 – Captura de ecrã do software Modellus da atividade da tarefa 4. ....	54
Figura 33 – Captura de ecrã do software Modellus da atividade da tarefa 5. ....	56
Figura 34 – Captura de ecrã do software Modellus da atividade da tarefa 6. ....	58

Figura 35 – Alunos em atividade do projeto.....	64
Figura 36 – Hallowe'en Day.....	65
Figura 37 – Concurso “O Sabichão” .....	65
Figura 38 – Algumas atividades exploradas no clube de ciência.....	66
Figura 39 – Painel de Oradores em “Escola Inclusiva? Sociedade Inclusiva?” .....	67
Figura 40 – Imagem do início da atividade.....	68
Figura 41 - Atividades em “Química na Cidade”. .....	69
Figura 42 – Atividades “Show de Física”. .....	70
Figura 43 – Laboratórios abertos. ....	71
Figura 44 – Ciência para todos. ....	72
Figura 45 – Participantes na "Olimpíadas de Química" .....	72
Figura 46 – Participantes nas "Olimpíadas de Química Júnior" e nas "Olimpíadas de Física escalão A".....	73
Figura 47 – Água dos Polos. ....	74
Figura 48 – Concurso “Mostra o que sabes” .....	75
Figura 49 – Visita de estudo. ....	76
Figura 50 – Fábrica Confiança. ....	77
Figura 51 – Planetário. ....	78
Figura 52 – Alunos na visita de estudo.....	78
Figura 53 – Atividades desenvolvidas na visita.....	80
Figura 54 – Visita às Grutas de Mira d'Aire.....	80
Figura 55 – Visita ao Museu da Ciência da Universidade de Coimbra. ....	82
Figura 56 – Visita “A Física no dia-a-dia” .....	82
Figura 57 – Alunos participam nas atividades da Escola de Ciências da Universidade do Minho.....	83
Figura 58 – Visita ao "Curtir Ciência".....	83

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Energia transferida para a pedra em função da massa e da velocidade adquirida pela pedra .....	17
---	----

## I. INTRODUÇÃO

Tendo por base o guião para a elaboração do relatório, onde imperava a escolha de um tema que seria abordado no enquadramento científico da atividade desenvolvida no exercício efetivo de funções docentes na área curricular da disciplina de Física e Química, escolhi o tema “Trabalho e Energia” pois o conceito de energia está implícito na maioria dos conteúdos lecionados nesta disciplina.

No 3º ciclo é feita uma abordagem do tema conferindo-lhe um caráter estruturante e convergente, define-se sistema físico e associa-se-lhe uma energia (interna) que pode ser, em parte, transferida para outro sistema. Referem-se situações do quotidiano em que ocorrem transferências e transformações de energia e analisam-se situações em que há transferência de energia sob a forma de calor interpretando-se os significados físicos de conservação e dissipação de energia; pretende-se a compreensão da existência de dois tipos fundamentais de energia (energia cinética e energia potencial), podendo um transformar-se no outro, e que a energia se pode transferir entre sistemas por ação de forças; pretende-se a compreensão de fenómenos elétricos do dia a dia, descrevendo-os por meio de grandezas físicas, e aplicação desse conhecimento na montagem de circuitos elétricos simples (de corrente contínua), medindo essas grandezas; conhecer e compreender os efeitos da corrente elétrica, relacionando-a com a energia, e aplicar esse conhecimento.

No 10º ano aprofunda-se o tema num só domínio, uma vez que os conceitos chave se referem à energia e à sua conservação, abordando-se as suas manifestações em sistemas mecânicos, elétricos e termodinâmicos. No estudo dos sistemas mecânicos aborda-se, de um modo não formal, o conceito de centro de massa, limitando o estudo a sistemas redutíveis ao seu centro de massa (modelo da partícula material). Pretende-se a compreensão das condições em que um sistema pode ser representado pelo seu centro de massa e em que a sua energia como um todo resulta do seu movimento (energia cinética) e da interação com outros sistemas (energia potencial); interpreta-se as transferências de energia através de trabalho em sistemas mecânicos, os conceitos de força conservativa e não conservativa, e a relação entre trabalho e variações de energia, reconhecendo situações em que há conservação de energia mecânica; descreve-se circuitos elétricos a partir de grandezas elétricas; pretende-se a compreensão da função de um gerador e as suas características e aplicar a conservação da energia num circuito



elétrico tendo em conta o efeito Joule; pretende-se a compreensão dos processos e mecanismos de transferências de energia entre sistemas termodinâmicos, interpretando-os com base na Primeira e na Segunda Leis da Termodinâmica.

No subdomínio “Energia e movimentos” introduz-se conceitos necessários ao estudo de sistemas mecânicos, cujo aprofundamento se fará no 11.º ano, e constitui pré-requisitos para a abordagem de subdomínios posteriores. O estudo de sistemas elétricos, abordado no subdomínio “Energia e fenómenos elétricos”, permite consolidar aprendizagens anteriores e é um pré-requisito para trabalhos laboratoriais posteriores e para o estudo da indução eletromagnética no 11.º ano. O estudo de sistemas termodinâmicos, abordado no subdomínio “Energia, fenómenos térmicos e radiação”, permite alargar conhecimentos, estabelecendo a ligação com o subdomínio anterior através do conceito de radiação e do seu aproveitamento para a produção de corrente elétrica. [1]

O relatório apresentado centra-se no estudo teórico e experimental do tema escolhido “Trabalho e Energia” e o enquadramento científico do tema inicia-se por uma breve contextualização histórica dos conceitos energia, calor e trabalho, e de seguida introduz-se os conceitos fundamentais do tema “Trabalho e Energia”.

Esta parte do trabalho pretende, também, ser uma base de apoio que, de forma concisa, retrate a informação necessária para possibilitar uma preparação adequada para a abordagem destes conceitos ao nível do ensino secundário.

A elaboração desta parte tem por base uma consulta de bibliografia de referência sobre estes conceitos e menciona-se o facto de existir uma grande semelhança entre as diferentes referências e que, no geral, apresentam descrições próprias. Por esta razão, não são apresentadas referências bibliográficas ao longo do texto, encontrando-se na bibliografia as fontes [2] a [9] utilizadas para a escrita do enquadramento científico do tema.

## II. ENQUADRAMENTO CIENTÍFICO

### 1.1. Breve Contextualização Histórica

Para que se possa entender uma ideia, explicar um fenómeno ou compreender um determinado mecanismo, existe todo um processo, com várias etapas, com erros, acertos, avanços e retrocessos. O saber científico é algo que demanda tempo e trabalho consistente de pesquisa, de várias pessoas, para ser edificado.

Muitos conceitos, que por vezes demoraram séculos para serem compreendidos, são apresentados como uma simples equação, que surge como fruto do acaso, ou como algo que foi descoberto em um lampejo de genialidade de um cientista. Para um verdadeiro ensino de Física, é necessário desmistificar esta imagem da ciência, focando a aprendizagem no processo de construção de conceitos. Para prossecução de tal objetivo, o ensino através do enfoque histórico é fundamental.

No presente item, vindo de encontro a esta necessidade, apresenta-se um relato histórico sucinto do longo processo de descoberta e compreensão dos conceitos de energia, calor e trabalho.

Os termos “calor” e “energia” sempre despertaram o interesse do ser humano. Houve um laborioso trabalho por parte dos cientistas na busca da explicação para os diversos fenómenos térmicos (sejam eles de origem física ou química). As ideias que envolvem calor e energia foram sendo repensadas ao longo da história, em diferentes momentos e situações vivenciadas pelos cientistas.

*“Na Antiguidade, os gregos imaginavam o calor como uma substância de estrutura atômica, que se espalhava pelos corpos. Como se espalhava por todo o corpo, aceitavam que o calor seria um fluido.*

*A ideia de que o calor seria um fluido foi mantida até meados do século XVIII, mesmo quando Joseph Black, (figura 1) em 1760, separou pela primeira vez os conceitos de calor (ou calórico) e temperatura. Black desenvolveu métodos calorimétricos, tendo introduzido pela primeira vez conceitos como os de capacidade térmica, capacidade térmica mássica e calor de transformação. Verificou que os corpos quentes trocavam calor com os corpos frios e que a*

*energia perdida como calor pelo corpo quente é igual à energia ganha sob a forma de calor pelo corpo frio.” [2]*

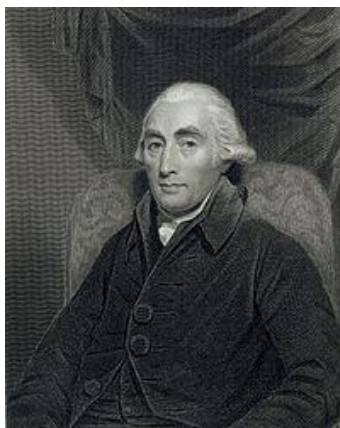


Figura 1 – Joseph Black (1728-1799)

Fonte: ([https://pt.wikipedia.org/wiki/Joseph\\_Black](https://pt.wikipedia.org/wiki/Joseph_Black))

O calórico, segundo Black, era um fluido elástico que seria composto de partículas minúsculas que se repeliriam umas às outras, mas seriam atraídas pela matéria. A teoria do calórico propunha explicar um conjunto de fenômenos ligados ao calor nomeadamente a contração e a expansão observadas com o arrefecimento e aquecimento, de sólidos e líquidos e, porque substâncias diferentes aqueciam a velocidades diferentes. Para Black, a expansão e a contração eram resultado da acumulação e liberação de calórico, já a geração de calor por fricção era explicada devido ao fato do atrito reduzir a atração entre o calórico e a matéria. A ideia de calor como substância é uma constante na teoria de Black. Teve tanta influência que o químico francês Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794) listava na época em seus escritos o calórico como uma das substâncias elementares. O calórico era um fluido sem massa, pois, ao ocorrerem transformações físicas com incorporação de calórico, a massa do sistema não era alterada.

Outras concepções de calor surgiram durante os séculos XVII e XVIII. Físicos como Francis Bacon (1561-1626), Galileu Galilei (1564-1642), e Robert Boyle (1627-1691), no século XVII e os mecanicistas Bernoulli (1700-1782), Dalton (1766-1844), e Laplace (1749-1827), no século XVIII admitiram que o calor seria uma manifestação da agitação das partículas constituintes dos corpos. Conceção incorreta, pois confunde a componente cinética da energia interna dos corpos com calor.

*“As primeiras observações que mostravam que o calórico não podia ser conservado foram feitas no final do século XVIII, por Benjamin Thompson (figura 2), um americano que emigrou para Inglaterra, em 1798, por motivos políticos. Foi Ministro das Colónias do Império Britânico e foi membro da Royal Society. Depois de sair da Inglaterra, foi ministro da Guerra na Baviera, onde recebeu o título de Conde de Rumford. Em 1807, ao superintender ao fabrico de armas no arsenal da Baviera, Thompson constatou que, devido ao calor gerado na perfuração das peças de bronze usadas para fazer canhões, a água que era usada para o arrefecimento tinha de ser continuamente substituída pois rapidamente entrava em ebulição durante a perfuração. De acordo com a teoria do calórico, o bronze libertado durante a perfuração seria constituído por partículas de muito pequenas dimensões e, portanto, com menor capacidade de reter o calórico, devido às repulsões existentes entre as partículas de **calórico**, pelo que este seria libertado para a água.*

*No entanto, Thompson verificou que, mesmo quando a broca estava demasiado gasta e não era removido qualquer metal, a água continuava a em ebulição simplesmente pela fricção entre a broca e o metal. Esta fricção estava a criar **calórico** onde ele não existia e ele não desaparecia em nenhum local em igual quantidade: não havia conservação do calórico.” [2]*



Figura 2 – Benjamim Thomson (1753-1814)

Fonte: ([https://pt.wikipedia.org/wiki/Benjamin\\_Thompson](https://pt.wikipedia.org/wiki/Benjamin_Thompson))

No fim do século XVIII, Benjamin Thompson, realizou as primeiras experiências convincentes sobre a natureza do calor, mas estas só seriam levadas a sério em meados do século XIX. Thompson sugeria na época que o calor seria uma consequência do movimento das partículas do corpo e que era transferido da broca para a água, numa quantidade aproximadamente igual ao trabalho realizado pela broca. De facto, como mostrou numa série de experiências às quais ele se dedicou, o desgaste não modificava a capacidade calorífica do

metal, enquanto que, segundo a teoria do calórico, as aparas de ferro produzidas pelo desgaste ganhavam capacidade calorífica.

A teoria de Thompson não foi imediatamente aceita pois não explicava o aquecimento de um corpo frio na presença de um corpo mais quente, algo que, pelo contrário, era explicado pela teoria do calórico.

No entanto, este acontecimento veio demonstrar que através da fricção resultante do movimento era viável aquecer água, não sendo fundamental o contacto com chama ou com um corpo a maior temperatura como era hipotético até então. Assim, constatou-se que é exequível aumentar a energia interna da água quer transferindo energia sob a forma de calor quer sob a forma de trabalho.

Em consequência principalmente da experiência Benjamin Thompson, a teoria mecânica do calor foi enunciada pela primeira vez em 1842, por Julius R. von Mayer (**figura 3**). Para ele, calor e trabalho eram equivalentes. A inspiração para essa suposição de equivalência veio da observação de um cavalo que suava enquanto puxava uma carga colina acima. Mayer deduziu que o cavalo estava com calor não porque se estava a mover, mas por causa do trabalho físico que tinha que executar para gerar o movimento.



Figura 3 – Julius Robert von Mayer (1814-1878)

Fonte ([https://pt.wikipedia.org/wiki/Julius\\_von\\_Mayer](https://pt.wikipedia.org/wiki/Julius_von_Mayer))

Mayer tentou provar sua tese montando uma experiência numa fábrica de papel, na qual a pasta era mexida num enorme caldeirão por um cavalo que girava em círculo. Medindo o aumento da temperatura da pasta, obteve um número para a quantidade de calor produzido por uma dada quantidade de trabalho mecânico executado pelo cavalo. Com as suas experiências, Mayer recebeu pouco crédito nos livros de ensino e na própria história da ciência, apesar de ter sido o primeiro a conceber esta ideia original sobre calor. A comunidade científica da época

desdenhou das experiências e hipóteses de Mayer a respeito da relação entre calor e trabalho. Em vez disso, os créditos foram para um inglês chamado James Prescott Joule (**figura 4**).

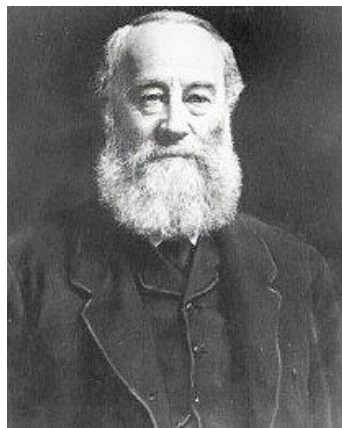


Figura 4 – James Prescott Joule (1818-1889)

Físico inglês que determinou a quantidade de trabalho necessária para produzir uma caloria de calor (relação conhecida por equivalente mecânico de calor). Os seus estudos contribuíram para a formulação da Lei da Conservação da Energia.

Fonte (<http://scienceworld.wolfram.com/biography/Joule.html>)

Por volta de 1837, James Prescott Joule, nascido perto de Manchester, começou a investigar o princípio da conservação da energia, tendo determinado com exatidão pela primeira vez o que designou de equivalente mecânico do calor. Discípulo de Dalton e, tal como todos os grandes experimentalistas, Joule construía os seus próprios instrumentos, que ia aperfeiçoando à medida que eram utilizados. Um dos seus trabalhos baseado nos trabalhos de Benjamin Thompson, permitiu-lhe em 1847, estabelecer a equivalência entre trabalho e calor. Joule demonstrou, experimentalmente, que a hipótese de Mayer era coerente.

O dispositivo utilizado era um calorímetro (**figura 5**) [recipiente com paredes adiabáticas como a garrafa "termos"], no interior do qual colocou umas pás presas a um eixo central vertical, as quais ao serem agitadas, produziam o aquecimento da água. O movimento das pás era provocado pela descida de pesos. Se a descida destes se fizesse com uma energia cinética desprezável, podia dizer-se que toda a energia potencial de interação gravítica que tinham no topo fora convertida em trabalho. Joule verificou que, para uma dada massa de água, a mesma quantidade de trabalho provocava sempre o mesmo aquecimento e que este mesmo aquecimento podia ser obtido com uma quantidade exata de calor fornecida por uma chama. Calor e trabalho eram então duas manifestações diferentes da mesma grandeza, ou seja, energia.

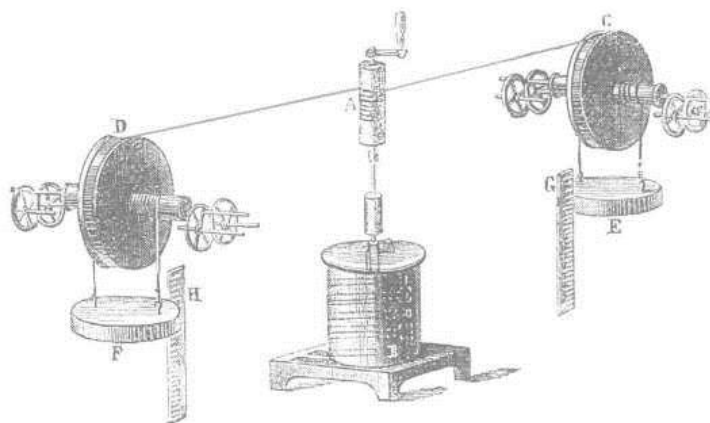


Figura 5 – Experiência de Joule para determinação do “equivalente mecânico de calor”.

Fonte (<http://fisikanarede.blogspot.pt/2011/03/calor-e-uma-forma-de-energia-frase-que.html>)

As ideias que envolvem estes conceitos foram sendo repensadas ao longo da história, imperando um único conceito geral de energia que merece uma única unidade consistente de medição, isto é, uma energia usada como padrão para criar uma escala numérica. De uma forma prática podemos utilizar a definição de energia tendo por base o aquecimento de água.

Assim,

*“Para aumentar em  $1^{\circ}\text{C}$  a temperatura de 0,24 g de água tem de se lhe fornecer uma certa quantidade de energia.” [3]*

O valor de energia é definido como o joule (J), em homenagem ao físico Britânico, James Joule, correspondendo à unidade de energia no sistema internacional (SI)<sup>1</sup>.

## 1.2.Sistema, fronteira e vizinhança

No estudo das ciências escolhe-se como objeto de estudo uma região restrita do espaço (ou de uma quantidade de matéria), delimitada por uma superfície fechada, real ou imaginária, chamada fronteira. A região dentro da fronteira e sobre qual incide o estudo designa-se por sistema físico, ou simplesmente sistema. Um sistema pode ser dividido em vários sistemas ou ele próprio ser um sistema de um outro maior.

Tudo fora do sistema e que pode interagir com este, através da fronteira, chama-se vizinhança, que pode ser considerado outro sistema (**figura 6**). O conjunto sistema e vizinhança designa-se por Universo.

<sup>1</sup>É o sistema de unidades usado por cientistas e engenheiros, desde 1960 sendo conhecido oficialmente como Sistema Internacional, ou SI (das iniciais do nome francês *Système International*)

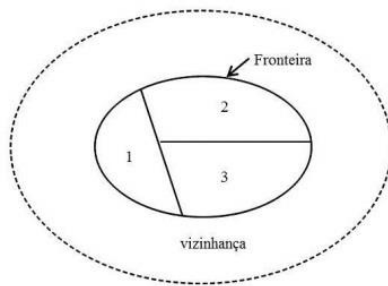


Figura 6 - Representação esquemática de um sistema físico.

Se considerarmos objeto de estudo a “Terra + Sol” podemos considerar este sistema constituído por outros sistemas, onde podemos, separadamente, concentrar a nossa atenção (figura 7).



Figura 7 – Exemplo de um sistema físico.

Fonte (<http://vestibular.mundoeducacao.bol.uol.com.br/enem/questoes-sobre-gravitacao-universal-no-enem.htm>)

No caso do sistema constituído pela Terra e pelo Sol podemos reconhecer uma fronteira imaginária, conseguindo-se identificar a vizinhança, nomeadamente o espaço exterior com todos os astros do Universo (excluindo o Sol e a Terra).

Sendo a “Terra” o novo objeto do estudo, podemos ter um sistema com uma fronteira real (superfície do planeta) e a vizinhança do planeta (atmosfera terrestre e espaço exterior com todos os astros).

Para qualquer sistema é possível aferir uma energia ignorando a maior parte do Universo. Assim, quando se fala de energia de um sistema, estamos a considerar as diferentes formas em que se manifesta.

Quando há trocas de energia entre sistemas, ou entre o sistema e o exterior, diz-se que ocorreu uma transferência de energia, que ocorre através da fronteira do sistema. Porém a



energia pode manter-se no sistema sob outra forma diferente da inicial, dizendo-se assim, que ocorre uma transformação de energia.

Contendo o sistema matéria e energia, este pode ser classificado pelo tipo de interação que estabelece com a vizinhança em sistema fechado, aberto ou isolado (**figura 8**). É fechado se a fronteira apenas permite trocas de energia entre o sistema e a vizinhança mas impede trocas de matéria. Quando pode haver trocas de energia e de matéria com a vizinhança o sistema é considerado aberto. É considerado isolado se a fronteira do sistema impede completamente a troca energia e de matéria com a vizinhança.

A diferença entre os sistemas reside essencialmente nas suas fronteiras. Se a fronteira permitir trocas de matéria, de calor ou radiação, designa-se por permeável; se a fronteira permitir, apenas, trocas de calor ou radiação, designa-se por diatérmica; se, pelo contrário, a fronteira não permite trocas de energia sob a forma de calor ou radiação entre o sistema e a vizinhança (a fronteira comporta-se como isolante térmico), designa-se por adiabática.

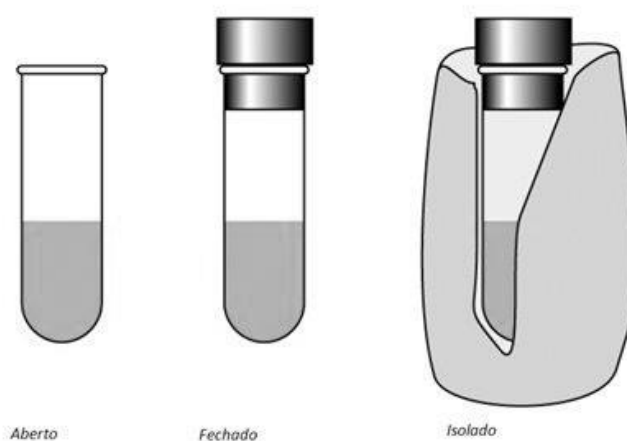


Figura 8 – Exemplificação de tipos de sistemas.

Fonte: (<http://ogaitacasac.blogspot.pt/p/fisica.html>)

### 1.3.O que é a energia?

Energia é um conceito difícil de definir em ciências, é frequentemente uma fonte de confusão se a apresentação não for cuidadosamente realizada. Energia é um conceito que, de certa forma, é transversal a toda a Física.

A pergunta “O que é energia?” fascina qualquer um e, tentar responder é, no mínimo, uma atitude ousada. Uma das pessoas que tentou explicá-la de uma forma brilhante e original foi Richard Feynman (1918-1988), um dos maiores físicos do século XX, prémio Nobel de Física em 1965.

Richard Feynman inicia a abordagem com uma simples e rápida análise do problema: “*É importante ter a noção de que na Física atual não se sabe o que é energia*”. [4]

Considera-se que o conceito de energia não pode exprimir-se mediante uma definição limitada, ao contrário do que acontece com outras grandezas físicas – devido à sua natureza abstrata, a energia é um conceito mais difícil de compreender que, por exemplo velocidade, uma grandeza que estamos habituados a medir, ainda que indiretamente. A única coisa de que temos certeza e que a Natureza nos permite observar é a “Conservação da Energia” – existência de uma “certa quantidade”, a que chamamos energia, que não muda com as alterações ao espaço que a natureza realiza.

No livro “Feynman Lectures on Physics, no capítulo 4, volume 1”, Feynman sugere a seguinte definição como uma primeira aproximação ao conceito de energia:

*“Existe um fato, ou, se preferirem, uma lei que governa todos os fenómenos naturais conhecidos até à data. Não existem exceções a esta lei – até onde sabemos, ela é exata. Essa lei é conhecida como conservação de energia e afirma que existe uma certa quantidade, a que chamamos energia, que não varia durante as diversas transformações sofridas pela natureza. Esta é uma ideia muito abstrata, por se tratar de um princípio matemático; diz-nos que existe uma quantidade numérica que não muda quando algo acontece. Não é uma descrição de um mecanismo ou algo em concreto; trata-se só do estranho facto de podermos calcular um número e, após vermos a natureza seguir o seu curso, voltamos a calcular esse número e obtemos o mesmo resultado (algo como um bispo numa casa preta, que após uma sequência de movimentos – que desconhecemos - continua a ocupar uma casa preta. Esta é uma lei dessa natureza).”* [4]

Como é uma ideia abstrata, Feynman, ilustra o seu significado por analogia. Nesta uma criança brinca com um número concreto de blocos, dispondo-os de várias formas. No final do dia a sua mãe tem de arrumar os blocos e constata que esse número se mantém, apesar de ocorrerem variações decorrentes da brincadeira da criança. Para aumentar a eficácia da

contagem e verificação do número de blocos, a mãe introduz certas fórmulas matemáticas mais ou menos complexas que lhe permitem, ainda que indiretamente, verificar a conservação no número de blocos, em qualquer situação e mesmo sem os avistar – alcança uma formulação abstrata.

De acordo com Feynman esta analogia permite tirar as seguintes conclusões:

*“Primeiro, quando calculamos a energia, por vezes alguma abandona o sistema ou, por vezes, alguma entra no sistema. Para podermos verificar a conservação de energia, devemos ter o cuidado de não introduzir nem retirar energia alguma. Segundo, a energia existe em numerosas formas diferentes, existindo uma equação para cada uma delas. Estas são: energia gravitacional, energia cinética, calor, energia elástica, energia elétrica, energia química, energia radiante, energia nuclear, energia mássica. Se adicionarmos as equações referentes a todas estas contribuições, só se verificarão alterações se houver entrada ou saída de energia.” [4]*

A transferência e a transformação de energia são os pilares de todos os processos que ocorrem na natureza.

Ao contrário do que é dito em linguagem quotidiana, não vemos nem sentimos a energia. Podemos sim medir e às vezes sentir certos parâmetros que são relacionados à quantidade conhecida como energia: massa, carga, velocidade, etc. A energia é determinada pela combinação destes parâmetros de acordo com conjunto específico de expressões.

Podemos arriscar definindo “energia” como uma grandeza física (que pode ser expressa em linguagem matemática) que está relacionada com o próprio conceito do Universo. É uma quantidade que se mantém constante no Universo, não interessa as transformações que nele sucedam nem os mecanismos através dos quais elas ocorrem. Notoriamente, podemos subdividir o Universo em muitos sistemas e a cada um desses sistemas poderemos associar uma certa quantidade de energia, obtendo sempre a mesma energia para o Universo (embora este se encontre em constante transformação), se em qualquer momento somarmos as energias de todos esses sistemas. A constatação de que a energia, embora possa mudar de forma, não pode ser criada nem destruída constitui a Lei da Conservação da Energia.

A energia é o poder inerente de um sistema material, para realizar mudanças no estado da sua vizinhança ou nele mesmo. Sabe-se que os sistemas utilizam fontes de energia como: o

movimento do ar (vento) e das águas; o calor produzido pelas reações químicas e nucleares (“armazenada” nos diversos combustíveis) e a luz solar, sendo todas transformáveis por meio de mecanismos adequados em energia elétrica e outras manifestações. A energia elétrica, por sua vez, depois de servir como “intermediária” até os locais de consumo, é convertida em outras “formas” desejadas.

#### **1.4. Energia de um sistema**

O Universo é constituído por partículas em constante movimento e, de reduzidíssimas dimensões, que não conseguimos ver diretamente. Quando existem condições para estas partículas interagirem, podem formar estruturas macroscópicas que, genericamente, designamos por “corpos”. Dentro destes corpos, fruto das interações que mantêm entre si e com o meio envolvente, as partículas deslocam-se, rodam e oscilam - possuem uma determinada energia cinética e energia potencial de interação.

Ao mencionar a energia total de um sistema (formado por um corpo ou um conjunto de corpos), para além do aspeto macroscópico, teremos que contabilizar a energia que tem em consideração que o sistema tem “organização”, que é constituído por muitas partículas. Esta energia, que agrega a energia cinética e a energia potencial de interação das partículas que constituem o sistema, é uma propriedade do sistema e designa-se por energia interna. Designando-se o sistema por “sistema termodinâmico”, quando é conveniente a análise da variação da energia interna.

A quantificação da energia interna de um sistema é uma tarefa extremamente complexa (senão mesmo impossível) devido ao elevado número de partículas que compõem o sistema. Contudo é possível aferir o seu valor, comparativamente, usando as propriedades macroscópicas temperatura e massa. Relaciona-se a temperatura ao grau de agitação das partículas, por isso, num sistema com maior temperatura do que outro com a mesma massa e constituído pelas mesmas partículas, terá maior energia cinética interna, e, assim maior energia interna. Para aferir a energia potencial de interação interna usa-se o parâmetro massa do sistema, dado que este parâmetro se relaciona com o número de partículas, e, em princípio, quanto maior for, em maior número serão as interações entre as partículas, assim, maior será a energia potencial de

interação interna, e, comparativamente a um sistema de menor massa, mas com o mesmo tipo de partículas, este terá maior energia interna.

A energia total de um sistema pode alterar-se, por variações da energia mecânica e/ou da energia interna.

Assim a energia de um sistema corresponde à soma entre a energia mecânica (soma da energia cinética e potencial de interação) e a energia interna:

$$E_{sistema} = E_m + E_{interna} \quad (1)$$

Nesta dissertação só serão abordados sistemas mecânicos que tenham apenas movimento de translação, massa constante e constituído por corpos indeformáveis, ou seja desprezar-se-á as variações de energia interna.

### 1.5. Energia potencial

Iniciaremos a abordagem com a energia potencial de interação gravitacional, também designada por energia potencial gravítica, perto da superfície da Terra pois é uma das interações mais facilmente perceptíveis para qualquer corpo próximo da superfície terrestre – considerando o nível de referência a superfície terrestre, tem armazenada energia potencial gravítica.

A energia potencial gravítica é uma energia “armazenada” num sistema cujas partes interatuam e está associada com a distância relativa entre as partes do sistema.

Como se quantifica diretamente a energia potencial gravítica?

Para responder a esta questão consideremos um corpo de massa  $m$  que se encontra no solo, em repouso, e que alguém ou algo elevou até uma certa altura  $h$  (figura 9).

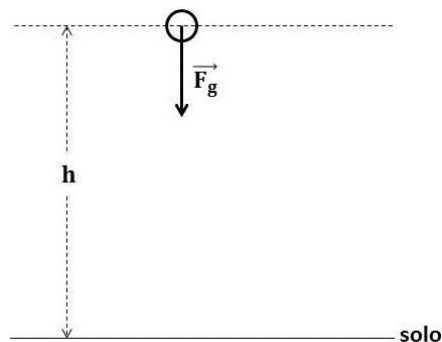


Figura 9 – Corpo a uma altura  $h$  acima do solo.

A Lei da Gravitação Universal, proposta por Newton, foi um dos maiores trabalhos desenvolvidos sobre a interação entre massas, pois é capaz de relacionar um simples fenômeno, como a queda de um corpo próximo à superfície da Terra, com um mais complexo, como as forças exercidas entre corpos celestes.

A intensidade da força gravítica resultante da interação atrativa entre corpos com massa e depende diretamente do produto dessas massas e é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os seus centros de massa podendo expressar-se por:

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{d^2} \quad (2)$$

Como estamos só a considerar interações próximas da superfície terrestre em que a distância,  $d$ , entre o centros de massa, é aproximadamente igual ao raio médio da Terra pode-se representar a torça gravítica por:

$$\vec{F}_g = m\vec{g} \quad (3)$$

#### Unidades no Sistema Internacional (SI)

massa do corpo ( $m$ ) – quilograma (kg)

aceleração da gravidade ( $g$ ) – metro por segundo quadrado (  $m/s^2$ )

força gravítica ( $\vec{F}_g$ ) – N (newton)

Neste caso, consideramos a força gravítica com intensidade constante, direção vertical e sentido de cima para baixo, e a aceleração,  $\vec{g}$ , à superfície da Terra apresenta intensidade dada por:  $g = G \frac{m_T}{r_T^2}$ , sendo aproximadamente igual a 9,81 m/s<sup>2</sup>.

O corpo tem armazenada energia e está próximo da superfície terrestre logo as variações de altura são relativamente pequenas – muito menores do que o raio da Terra e está sujeito apenas à ação da força gravítica local, ou seja, à ação do seu peso, que está aplicada no centro de gravidade do corpo.

Por outro lado sabemos que quanto maior for a massa do corpo e a altura a que se encontra, maior será a energia armazenada no sistema “corpo+Terra”.

Todos estes fatores relacionados permitem quantificar a energia armazenada- energia potencial gravítica – obtendo-se a seguinte expressão:

$$E_{p_g} = m g h \quad (4)$$

#### Unidades no Sistema Internacional (SI)

Energia potencial gravítica do sistema “corpo + Terra” ( $E_{p_g}$ ) – J (joule)

Massa do corpo ( $m$ ) – kg (quilograma)

Valor da aceleração média da gravidade junto da superfície da Terra ( $g$ ) – 9,81m/s<sup>2</sup>

Altura a que se encontra o centro de massa do corpo, em relação a um nível de referência ( $h$ ) – m (metro)

A partir da expressão 4 podemos concluir que a energia potencial gravítica de um corpo depende diretamente da sua massa,  $m$ , do valor da aceleração da gravidade local,  $g$ , e da altura,  $h$ , a que se encontra o centro de massa do corpo, em relação ao nível de referência.

O nível de referência é normalmente escolhido em função da situação a estudar. Para determinar a energia potencial gravítica, normalmente escolhe-se o solo como nível de referência, sendo aí a altura considerada nula ( $h = 0$  m).

### 1.6.Energia cinética

A energia cinética é uma forma de energia que está associada ao movimento relativo dos corpos. Ao fazer atletismo, o atleta a correr possui energia cinética de translação; a bailarina,

que roda sobre si própria, tem energia cinética de rotação; as cordas do violino vibram, tem energia cinética de vibração.

Para saber qual a energia cinética apresentada por um determinado corpo em movimento podemos recorrer a uma experiência em que deixarmos cair uma pedra com uma certa massa, de uma dada altura, e medir o valor da sua velocidade final,  $v$ , quando ela atinge o solo. Para isso levamos em consideração a energia inicial da pedra – energia potencial gravítica, e consideramos desprezável a resistência do ar. Assim o sistema é considerado isolado e não ocorre variação da sua energia (a nível macroscópico).

Na tabela 1 estão alguns resultados imaginários de tal experiência. [3]

Tabela 1 - Energia transferida para a pedra em função da massa e da velocidade

massa (kg)	velocidade (m/s)	Energia (J)
1.00	1.00	0.50
1.00	2.00	2.00
2.00	1.00	1.00

Analisando os valores da tabela verifica-se que comparando a primeira linha com a segunda, vemos que ao duplicar a velocidade do objeto, a sua energia quadruplica. E se compararmos a primeira e a terceira linhas descobrimos que duplicando a sua massa a energia aumenta para o dobro.

Isto sugere que a energia cinética é proporcional à massa e ao quadrado da velocidade.

O fator de proporcionalidade, igual a  $\frac{1}{2}$ , deve-se ao sistema métrico utilizado, de modo que a energia cinética de um objeto, com uma certa massa,  $m$ , em movimento, com módulo de velocidade,  $v$ , é dada por:

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 \quad (5)$$

#### Unidades no Sistema Internacional (SI)

Energia cinética ( $E_c$ ) – J (joule)

Massa do corpo ( $m$ ) – kg (quilograma)

Módulo da velocidade do corpo ( $v$ ) – ms<sup>-1</sup> (metro por segundo)



Então quando a pedra cai adquire energia cinética. Assim, qualquer corpo em movimento possui energia cinética e para a mesma massa, quanto maior for a velocidade maior será a energia cinética que ele possui.

### **1.7.Outras formas de energia**

Consideremos o sistema “ atleta - vara - Terra ”, numa prova desportiva de salto com vara. A energia do sistema depende das interações entre os corpos que constituem o sistema.

Neste caso, podemos descrever as transformações de energia que ocorrem durante o salto do atleta – a energia cinética da corrida inicial é parcialmente convertida em energia potencial elástica da vara, que fica arqueada; enquanto a vara recupera a forma inicial, essa energia potencial elástica é aproveitada pelo atleta para aumentar a sua energia potencial gravítica e também energia cinética; no instante em que a vara recupera totalmente a forma, o atleta aproveita para a empurrar para baixo, fazendo com que a reação do chão aumente ainda mais a sua energia potencial gravítica e cinética; finalmente, o saltador larga a vara e cai livremente transformando-se a energia potencial gravítica adquirida no salto em energia cinética. Se tentarmos contabilizar toda a energia inicial (imediatamente antes do salto) apenas com base numa análise de um sistema mecânico, e comparar com a energia final, acharemos diferenças que decorrem do facto de parte da energia inicial ter sido convertida em energia interna – que se pode aferir verificando a alteração da temperatura dos corpos. Considerando este fator verificamos que a energia se conserva.

Além das manifestações energéticas mencionadas no exemplo anterior podemos identificar muitas outras manifestações de energia que podem ser interpretadas como formas de energia cinética – a título de exemplo temos a energia elétrica, associada à atração e repulsão por cargas elétricas; a energia radiante, a energia da luz, que pode ser representada como agitações no campo eletromagnético; a energia eólica, associada ao movimento do ar, resultante das correntes de convecção e da própria rotação terrestre – ou formas de energia potencial – energia química, a energia libertada em reações químicas; energia nuclear, a energia relacionada com a disposição de partículas dentro do núcleo.

## 1.8. Energia associada a corpos em queda livre

O movimento de queda dos corpos no vácuo – local idealizado onde a pressão é nula - ou no ar, quando a sua resistência for desprezável, é denominada de queda livre.

Todo corpo que é largado próximo da superfície terrestre está sujeito a uma variação na sua velocidade, ou seja, apresentará uma aceleração, que decorre da única interação com significado a que estão sujeitos – a interação gravitacional. Nestas condições, os corpos adquirem movimento uniformemente acelerado sendo a aceleração denominada de aceleração gravítica, que representamos pela letra  $g$  e cujo módulo, apesar de variar conforme a latitude e a altitude, se considera igual a  $9,81 \text{ m/s}^2$ , em termos médios – um corpo em queda livre terá sua velocidade aumentada em  $9,81 \text{ m/s}$  em cada segundo.

Assim, estando o corpo sujeito a uma interação gravitacional, apresentará energia na forma de energia potencial gravítica, e, por outro lado, estando com movimento (decorrente da interação gravitacional) apresentará energia cinética. Como o deslocamento do corpo se desenvolve num meio em que são desprezáveis os choques com as partículas envolventes (vácuo), não há dissipação de energia, e a soma destas duas energias (potencial e cinética) mantém-se constante durante todo o movimento, havendo conversão de uma (potencial) em outra (cinética).

A quantificação desta energia pode ser feita de várias formas, que serão apresentadas no decorrer deste trabalho.

## 1.9. Energia mecânica

Num sistema macroscópico as duas formas de energia podem apresentar-se de forma isolada ou em simultâneo, sendo a soma da energia cinética,  $E_c$ , com a energia potencial,  $E_p$ , em cada instante, designada por energia mecânica,  $E_m$ , de um sistema.

$$E_m = E_c + E_p \quad (6)$$

Frequentemente observam-se transformações de energia cinética em energia potencial e vice-versa.

Foi Galileu quem notou, pela primeira vez, que a energia se podia transformar de um tipo em outro. Ao observar um pêndulo gravítico, corpo suspenso por um fio que oscila em torno de uma posição de equilíbrio, (figura 10) a oscilar, viu que o balanço trocava altura por movimento, e vice-versa. No ponto mais alto da sua trajetória, o pêndulo não possui velocidade mas, à medida que vai perdendo altura, vai ganhando velocidade para passar com velocidade máxima no ponto mais baixo da sua trajetória, isto é, na descida vai convertendo energia potencial gravítica em energia cinética para, seguidamente, fazer o oposto na subida.

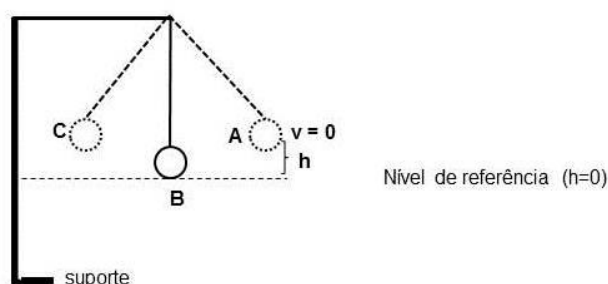


Figura 10 – Movimento de um pêndulo.

### 1.10. Partícula material e centro de massa

Os sistemas em que ocorrem fenómenos de aquecimento, arrefecimento ou deformações não podem ser representados com auxílio do “modelo da partícula material”, isto é, não se pode resumir o sistema (para efeitos de simplificação de análise) a uma partícula móvel, com massa, de dimensões desprezáveis em relação à medida da sua trajetória), em que é apenas relevante o seu movimento de translação. Nestes sistemas complexos a análise deve ser feita levando em consideração as interações entre os corpos (ou partículas) que os constituem.

Por exemplo “o atleta que salta à vara” ou “Terra + Sol” não se pode representar por uma só partícula, pois o sistema é um “conjunto de partículas” em que as variações de energia interna são apreciáveis.

No entanto, alguns corpos podem ser considerados “corpos rígidos”, isto é, indeformáveis - a distância entre as partículas que os formam não variam por ação de forças externas. Tendo o

corpo movimento de translação, as partículas descrevem trajetórias paralelas e para estudar o movimento do “corpo rígido” consideramos como se fosse um ponto onde se concentra toda a sua massa.

Assim, o movimento de qualquer corpo é equivalente ao de uma partícula que se considera localizada num ponto do corpo - o centro de massa (CM) do corpo, ponto onde está “localizada” toda a sua massa, também chamado centro de gravidade.

Todos os corpos rígidos permanecem em equilíbrio quando a linha vertical que passa pelo centro de gravidade também passa pela base de suporte do corpo.

Por exemplo, para corpos homogêneos com forma geométrica regular e densidade uniforme, o centro de massa (ou centro de gravidade) coincide com o centro geométrico, no entanto o centro de massa pode não estar localizado no centro geométrico do corpo.

A figura 11 ilustra como o centro de gravidade está constantemente a modificar durante um movimento de um ser humano.

Em a) e em b) a linha vertical que passa pelo centro de massa da pessoa passa pela base de sustentação da mesma – a pessoa está em equilíbrio, uma vez que quer a resultante das forças aplicadas à pessoa, quer o efeito rotacional (momento das forças) provocado por essas forças, é nulo. Em c) a linha vertical que passa pelo centro de massa da pessoa não passa pela base de sustentação – o efeito rotacional causado pela força gravítica não é nulo, a pessoa cairá.

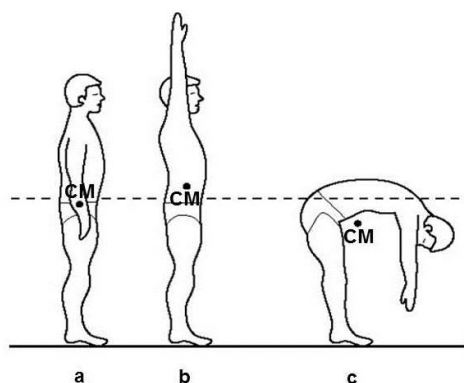


Figura 11 – Exemplificação de tipos de sistemas.

Fonte (<http://edwardcho-sph3u.blogspot.pt/2010/09/what-is-centre-of-gravity.html>)

A base de suporte é a área delimitada pelos pontos de apoio de um corpo e se a linha vertical que passa pelo centro de gravidade não passar na base do corpo, temos um equilíbrio instável.

Em conclusão, no estudo do movimento dos corpos em que as distâncias percorridas são muito superiores às dimensões do corpo, o corpo é reduzido a uma partícula material, com a massa igual à do corpo – centro de massa – onde são aplicadas todas as forças que atuam no mesmo (**figura 12**).

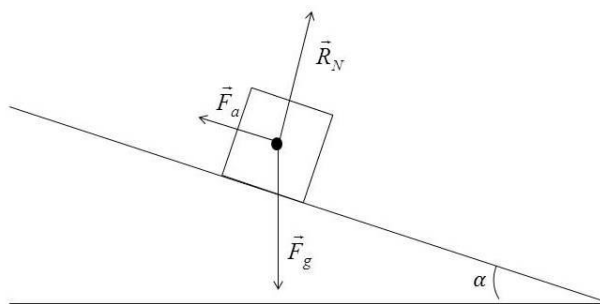


Figura 12 – Movimento de translação do corpo.

### 1.11 Trabalho realizado por uma força constante e por uma força variável

Quando estamos na presença de sistemas mecânicos, em equilíbrio térmico com o meio envolvente, o balanço energético pode ser efetuado considerando apenas a aplicação de forças e o deslocamento do ponto de aplicação destas.

A força e o deslocamento são duas grandezas essenciais na determinação da energia transferida, isto é, do trabalho realizado por ação das forças aplicadas no sistema.

Podemos ter vários exemplos em que podemos identificar, facilmente, a relação existente entre forças e deslocamento. Por exemplo, quando o “atleta salta à vara”, para saltar necessita de exercer uma força na vara contra o solo dizendo-se assim que as forças exercidas pelas mãos do atleta na vara e no solo realizam trabalho mecânico.

A aplicação de uma força num determinado sistema pode provocar:

- Variação de energia cinética. No exemplo do atleta, quando aumenta ou diminui o valor da velocidade
- Variação de energia potencial gravítica. No exemplo do salto à vara, quando ocorre a variação da posição do atleta em relação a um nível de referência (por exemplo, quando o atleta se eleva no ar).

A aplicação de uma força a um sistema pode transferir energia para o sistema ou do sistema para o exterior.

Quando essa transferência de energia existe, por aplicação de uma força que faz aumentar o módulo da velocidade do sistema, diz-se que o trabalho é realizado pela ação da força sobre o sistema, isto é, a energia é transferida para o sistema e o trabalho é positivo ou potente. Quando é transferida do sistema (há diminuição do valor da velocidade do sistema), o trabalho é negativo ou resistente.

Pode medir-se a energia transferida de um corpo para o outro sempre que uma força realiza trabalho pois o trabalho realizado pela força é uma medida da energia transferida de um sistema para outro.

Assim, define-se **trabalho**,  $W$ , como “*medida de transferência de energia entre sistemas, por ação de forças*”.

O significado do ponto de vista físico atribuído ao trabalho não tem o mesmo significado do ponto de vista comum do termo trabalho.

Quando, por exemplo, um atleta tenta levantar o haltere do solo, sem sucesso, sente que se está a cansar devido ao esforço muscular e, conseqüentemente, a realizar “trabalho”. No entanto, sob o ponto de vista físico não existiu transferência de energia para o sistema pois o ponto de aplicação da força exercida pelo atleta não sofreu qualquer deslocamento logo não foi realizado trabalho, em termos do conceito físico.

Assim, podemos comprovar que para uma força realizar trabalho tem de existir deslocamento do ponto de aplicação da força, tendo a força uma direção não perpendicular ao deslocamento do seu ponto de aplicação.

Assim, ao considerarmos o modelo da partícula material apenas existe transferências de energia como **trabalho** e para haver realização de trabalho é necessário a atuação de forças.

A força e o deslocamento são duas grandezas essenciais na determinação da energia transferida, isto é, do trabalho realizado por ação de forças aplicadas no sistema. No entanto o ângulo entre a direção da força aplicada no corpo e a direção ao longo do qual se pretende deslocar o corpo tem de ser evidenciado.

Consideremos um corpo que sofre um deslocamento ( $\Delta\vec{r}$ ) ao longo de uma reta por ação de uma força constante ( $\vec{F}$ ) que atua na direção do deslocamento (**figura 13**).

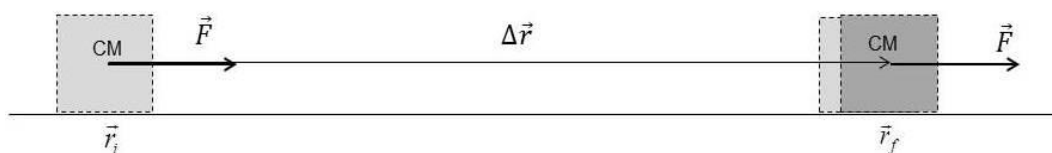


Figura 13 – Deslocamento do corpo por ação da força  $\vec{F}$  com a mesma direção do deslocamento.

O trabalho realizado pela força constante será obtido pelo produto interno<sup>2</sup> dos dois vetores, força e deslocamento, podendo expressar-se matematicamente, por:

$$W_{\vec{F}} = \vec{F} \cdot \Delta\vec{r} \Leftrightarrow W_{\vec{F}} = F\Delta r \cos 0 \Leftrightarrow W_{\vec{F}} = F\Delta r \quad (7)$$

Consideremos agora o caso em que o corpo sofre o mesmo deslocamento ( $\Delta\vec{r}$ ) ao longo de uma reta por ação da força constante mas com uma direção que apresenta um ângulo  $\alpha$  em relação à direção do deslocamento (**figura 14**).

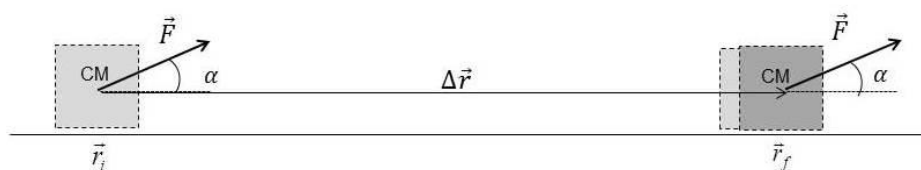


Figura 14 – Deslocamento de um corpo por ação da força  $\vec{F}$  com direção diferente à direção do deslocamento.

O trabalho realizado pela força sobre o corpo é o produto do valor da componente da força na direção do movimento, força eficaz, ( $F \cos \alpha$ ), pela norma do vetor deslocamento ( $\Delta r$ ).

Assim, para medir o trabalho realizado por uma força constante, aplicada no corpo é necessário conhecer a intensidade da força,  $F$ , aplicada no corpo, o módulo do deslocamento,  $\Delta r$ , sofrido pelo corpo e o sentido em que a força é aplicada (medida pelo ângulo  $\alpha$  formado entre a direção do vetor força e a direção do vetor deslocamento).

A unidade SI de trabalho é o joule pois o trabalho é uma medida da energia transferida contudo, pode ser expresso em outras unidades de energia tais como quilowatt hora ou caloria)

<sup>2</sup> O produto escalar (ou produto interno) de dois vetores  $\vec{a}$  e  $\vec{b}$ , que se representa por  $\vec{a} \cdot \vec{b}$  (e se lê “a interno b”) é uma grandeza escalar que se define como o produto das normas dos dois vetores multiplicado pelo cosseno do ângulo ( $\alpha$ ) entre os dois vetores.

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = ab \cos \alpha$$

Um joule equivale ao trabalho realizado quando uma força de 1 newton atua num corpo deslocando-se o seu ponto de aplicação um metro.

$$1\text{J} = 1\text{Nm} \text{ (é expresso em função de outras unidades do SI)}$$

Também pode ser expresso em unidades SI de base, nomeadamente  $\text{kg m}^2 \text{ s}^{-2}$ . Um joule é a energia que acelera uma massa de 1 kg a  $1 \text{ m/s}^2$  num espaço de 1 m.

$$1\text{J} = 1\text{kg } 1\text{m/s}^2 1\text{m} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$$

Resumindo, o trabalho realizado por uma força constante é uma grandeza escalar e corresponde ao produto escalar dos vetores  $\vec{F}$  e  $\Delta\vec{r}$ , podendo ser expresso matematicamente por:

$$W_{\vec{F}} = F \Delta r \cos \alpha \quad (8)$$

#### Unidades no Sistema Internacional (SI)

Trabalho (W) – J (joule)

Intensidade da força ( $F$ ) – N (newton)

Intensidade do deslocamento ( $\Delta r$ ) – m (metro)

Ângulo  $\alpha$  entre as direções de  $\vec{F}$  e  $\Delta\vec{r}$  – em  $^\circ$  (grau)

Será que a direção que uma força faz com o deslocamento influencia o trabalho desta?

Uma força constante realiza trabalho sobre um corpo se existir uma componente da força na direção do deslocamento e consequentemente existir variações de energia do centro de massa.

Recorrendo à expressão matemática do trabalho vamos analisar o efeito da aplicação de algumas forças num determinado corpo em diferentes situações.



Consideremos uma força constante que atua na direção do movimento do objeto (figura 15).

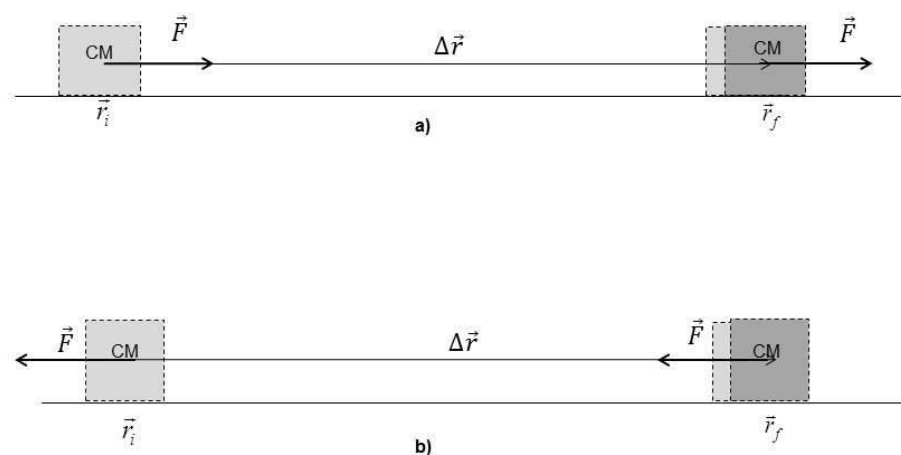


Figura 15 – Deslocamento de um corpo por ação da força  $\vec{F}$  com o mesmo sentido do deslocamento (a) com sentido contrário ao deslocamento (b).

Pela análise da imagem verificamos que na primeira situação a força atua no sentido do deslocamento e na segunda situação a força atua no sentido contrário ao mesmo.

Verificamos, ainda, que o ângulo entre a força e o deslocamento, na primeira situação, é de  $0^\circ$  e na segunda de  $180^\circ$ , o que equivale, respetivamente, aos valores  $\cos 0^\circ = 1$  e  $\cos 180^\circ = -1$ . Podemos então concluir que se a força aplicada tiver o sentido do deslocamento o trabalho realizado por ação desta será positivo. Mas se a força for aplicada no sentido oposto ao deslocamento a ação da força contribui para a diminuição da energia do sistema e o trabalho realizado por ação desta é negativo.

Consideremos, agora, uma força aplicada no corpo, perpendicularmente ao deslocamento (figura 16).

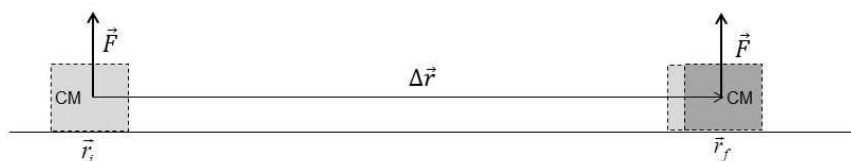


Figura 16 – Deslocamento de um corpo por ação da força  $\vec{F}$  com direção perpendicular ao deslocamento.

O ângulo entre os dois vetores ( $\Delta\vec{r}$  e  $\vec{F}$ ) será igual a  $90^\circ$  o que corresponde ao valor do  $\cos \alpha = 0$  ( $\cos 90^\circ = 0$ ). Assim conclui-se que nesta situação não há variações de energia do corpo durante o deslocamento, nem há forças que contribuem para essas variações de energia e que para situações em que a força aplicada tem uma direção perpendicular ao deslocamento o trabalho realizado por ação desta é nulo.

Naturalmente há outras forças a atuar no corpo que se move (**figura 17**). Um exemplo é a reação normal que impede que um corpo entre pela superfície durante o seu movimento, apesar da força gravitacional que atua sobre ele o puxar para baixo. A reação normal é um exemplo de força de ligação que é perpendicular ao deslocamento do corpo e que realiza um trabalho nulo, a menos que haja movimento da superfície de apoio na sua direção de atuação (por exemplo quando um corpo é lançado ao ar, estando apoiado na mão de uma pessoa).

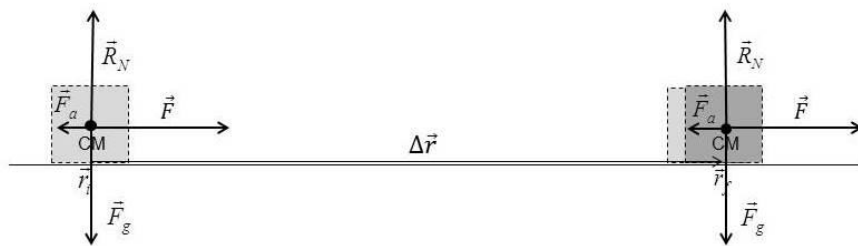


Figura 17 – Forças que atuam num corpo: força de atrito ( $\vec{F}_a$ ), reação normal ( $\vec{R}_N$ ) e força de tração ( $\vec{F}$ ).

Na situação da figura 17 temos quatro forças representadas a atuar no corpo, sendo respetivamente a força gravítica, a força de atrito, a reação normal e uma força de tração. Verifica-se que o trabalho realizado pela força de tração é positivo (ou potente) pois o ângulo entre a força aplicada e o deslocamento está compreendido entre:  $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ ; o trabalho realizado pela força de atrito é negativo (ou resistente) pois o ângulo entre a força aplicada e o deslocamento está compreendidos entre:  $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$  e o trabalho realizado pela força gravítica e pela reação normal é nulo pois o ângulo entre a força aplicada e o deslocamento é  $\alpha = 90^\circ$ .

O trabalho realizado por uma força constante também se pode determinar graficamente.

Observemos a figura 18.

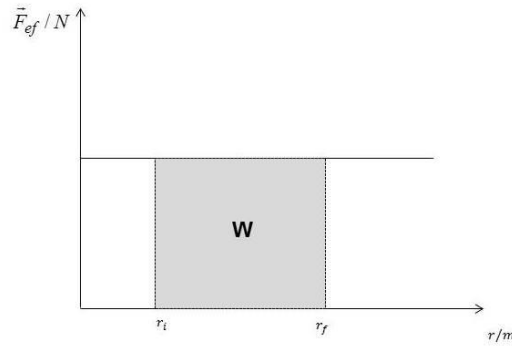


Figura 18 – Gráfico da intensidade da força eficaz em função da posição.

No eixo das abcissas representamos o módulo do deslocamento, marcamos a posição inicial e final do centro de massa e no eixo das ordenadas representamos a intensidade da força eficaz (componente da força na direção do deslocamento).

Admitindo apenas o movimento de  $\vec{r}_i$  para  $\vec{r}_f$ , verificamos que a área do retângulo sombreado corresponde ao produto:  $F\Delta r$ , que é numericamente igual ao trabalho realizado pela força nesse deslocamento ( $\Delta\vec{r}$ ).

Este método também é passível de ser usado caso a força seja variável, isto é, o trabalho realizado por ação de uma força (constante ou variável) é numericamente igual ao valor da área sobre a função que traduz a variação da força em função do deslocamento do corpo.

Consideremos o caso em que apenas o módulo da força seja variável em função da posição,  $F(x)$ .

Obteremos o valor do trabalho realizado por ação da força  $F$ , sobre um corpo ao deslocá-lo de  $x_1$  para  $x_2$  se dividirmos os deslocamentos total de  $x_1$  para  $x_2$  em um maior número de intervalos iguais de forma que  $\Delta x$  se aproxime a zero e o número de intervalos tenda para o infinito. Teremos neste caso:

$$W = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \sum_{x_1}^{x_2} F \Delta x \quad (9)$$

(soma de grande número de termos em que  $\Delta x$  é um deslocamento infinitesimal, sendo  $F$  diferente e, aproximadamente constante, em cada termo).

A expressão 9 é igual ao integral de  $F$  em relação a  $x$ , de  $x_1$  a  $x_2$ :

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F(x)dx \quad (10)$$

Que geometricamente é interpretada como a área compreendida entre a curva que representa as forças e o eixo  $Ox$ , entre os limites  $x_1$  e  $x_2$  (**figura 19**) e, é numericamente igual ao trabalho total realizado por ação de  $F$  ao deslocar o corpo de  $x_1$  a  $x_2$ .

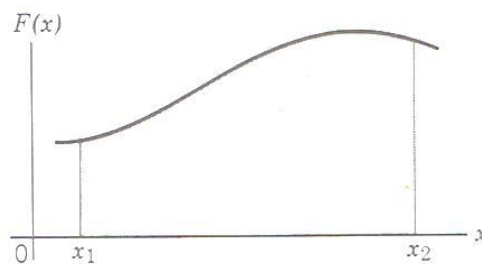


Figura 19 – Gráfico da intensidade da força em função da posição.

Se a área compreendida entre a curva que representa a força e o eixo  $Ox$  entre os limites  $x_1$  e  $x_2$  for a de uma forma geométrica conhecida, podemos determinar o trabalho total realizado por ação de  $F$  ao deslocar o corpo de  $x_1$  a  $x_2$  sem uso do cálculo integral (**figura 20**).

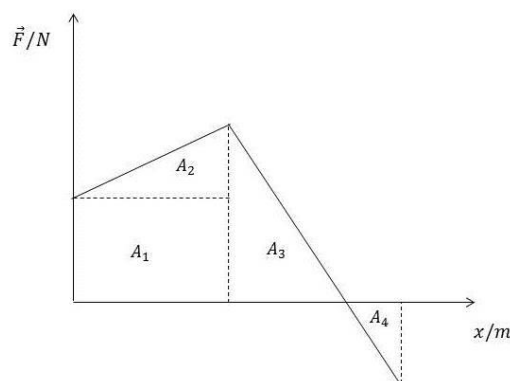


Figura 20 – Gráfico da intensidade da força em função da posição.

$$W_{Total} = "A_1" + "A_2" + "A_3" + "A_4" \quad (11)$$

Um corpo que sofre um deslocamento pode ser atuado por várias forças constantes, umas produzindo trabalho potente e outras trabalho resistente.

Vejamos a **figura 21** em que representa um navio a ser puxado por dois reboques que exercem forças,  $\vec{F}_1$  e  $\vec{F}_2$ , com igual intensidade e aplicadas numa direção que forma um ângulo  $\alpha$  com a direção do deslocamento. Nesta figura, não estão representadas a  $\vec{F}_g$  e a  $\vec{R}_N$ , cuja soma é vetor nulo,  $\vec{0}$ . O motor do navio exerce uma força constante,  $\vec{F}_3$ , com uma certa intensidade e a resistência da água sobre o barco,  $\vec{F}_4$ , é constante e com menor intensidade que  $\vec{F}_3$ .

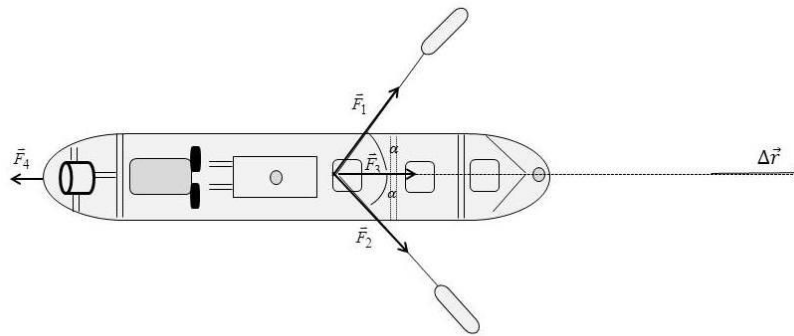


Figura 21 – Navio sujeito a um sistema de forças que se desloca para a direita.

Neste caso, o trabalho da **resultante das forças** pode ser obtido pela soma dos trabalhos das diversas forças aplicadas sobre o corpo.

Se no corpo existem várias forças, o trabalho que cada uma das forças realiza será calculado recorrendo à expressão do trabalho realizado por uma força constante:

$$W_{\vec{F}} = F \Delta r \cos \alpha$$

Então o **trabalho total** é igual à soma do trabalho realizado por cada uma das forças:

$$W_{Total} = W_{\vec{F}_1} + W_{\vec{F}_2} + W_{\vec{F}_3} + W_{\vec{F}_4} \quad (12)$$

Para calcular o trabalho da resultante das forças, é necessário determinar a força resultante ( $\vec{F}_R$ ) que é igual à soma das forças aplicadas no corpo. Assim, o trabalho realizado pela resultante das forças aplicadas sobre um corpo é igual à soma dos trabalhos realizados por cada uma das forças aplicadas.

$$W = \vec{F}_R \cdot \Delta \vec{r} \quad \text{onde} \quad \vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 \quad (13)$$

### 1.12. Trabalho e Energia cinética

O trabalho realizado pela resultante de todas as forças aplicadas a uma partícula durante um certo intervalo de tempo é igual à variação da sua energia cinética, nesse intervalo de tempo.

Suponhamos que a resultante das forças,  $\vec{F}_R$ , aplicadas no centro de massa do corpo é constante e tem o mesmo sentido do deslocamento do centro de massa do corpo e que o centro de massa do corpo de massa  $m$  possui velocidade inicial,  $\vec{v}_i$ , no início do deslocamento,  $\Delta \vec{r}$ , e velocidade final,  $\vec{v}_f$ , no final desse mesmo deslocamento (**figura 22**).

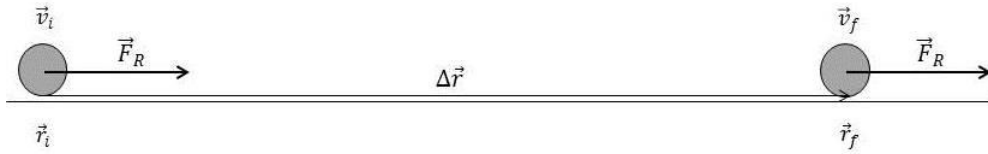


Figura 22 – Deslocamento de um corpo devido à ação da força resultante  $\vec{F}_R$ .

Verificamos que de acordo com a lei fundamental da dinâmica,  $\vec{F}_R = m\vec{a}$ , o corpo está sujeito a uma aceleração constante entre a posição inicial,  $\vec{r}_i$ , e a posição final,  $\vec{r}_f$ .

Assim, nesse percurso, a velocidade final,  $\vec{v}_f$ , do corpo será maior do que a velocidade inicial,  $\vec{v}_i$  e consequentemente a energia cinética final,  $E_{cf}$ , será maior do que a energia cinética inicial,  $E_{ci}$ . O que significa que, enquanto a resultante das forças atuou, houve transferência de energia para o corpo e a medição dessa transferência de energia pode ser calculada através do trabalho realizado pela resultante das forças.

Estando o corpo animado com movimento uniformemente acelerado, o módulo da sua velocidade pode ser descrita pela expressão:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta r \quad (14)$$

Substituindo os valores conhecidos:  $v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta r$

isolando o valor da aceleração:  $a = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2\Delta r}$

A expressão obtida para a equação da lei fundamental da dinâmica toma a forma:

$$F_R = m \frac{(v_f^2 - v_i^2)}{2\Delta r}$$

Rearranjando os termos:  $F_R \Delta r = \frac{mv_f^2}{2} - \frac{mv_i^2}{2}$

Verificamos que o primeiro termo é o trabalho da resultante das forças e o segundo e terceiro termos são a energia cinética final e inicial do centro de massa do corpo.

Pode-se assim escrever a igualdade que é conhecida como **Teorema do trabalho e Energia Cinética**.

$$W_{\vec{F}_r} = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 \Leftrightarrow W_{\vec{F}_r} = \Delta E_c \quad (15)$$

Em síntese, o Teorema do trabalho e Energia Cinética indica que a velocidade de um corpo aumenta se o trabalho realizado pela resultante das forças aplicadas no centro de massa do corpo for positivo; se a velocidade do sistema diminuir, o trabalho realizado pela resultante das forças aplicadas no centro de massa do corpo é negativo; e a energia cinética do centro de massa do corpo permanece constante quando o trabalho realizado pela resultante das forças aplicadas no centro de massa do corpo for nulo.

### 1.13 Trabalho realizado pela força gravítica

A força gravitacional e outras forças que existem na Natureza estão relacionadas com o trabalho realizado e o percurso efetuado. Assim, sendo o trabalho como medida da energia transferida entre sistemas, relaciona-se também com a energia potencial do sistema.

A energia potencial gravítica de um corpo resulta da sua posição relativamente a um referencial, que pode ser o solo.

Para calcular o trabalho realizado pela força gravítica (figura 23), considera-se um corpo rígido, indeformável, que se encontra em repouso. Este corpo está sujeito, apenas à ação da

força gravítica local, ou seja, à ação do seu peso, que está aplicada no centro de gravidade do corpo.

Na **figura 23** estão descritas três situações, na imagem 23a) o corpo desloca-se na horizontal para a direita; na imagem 23b) temos um corpo de massa  $m$  a subir na vertical, na imagem 23c) temos o mesmo corpo a descer na vertical.

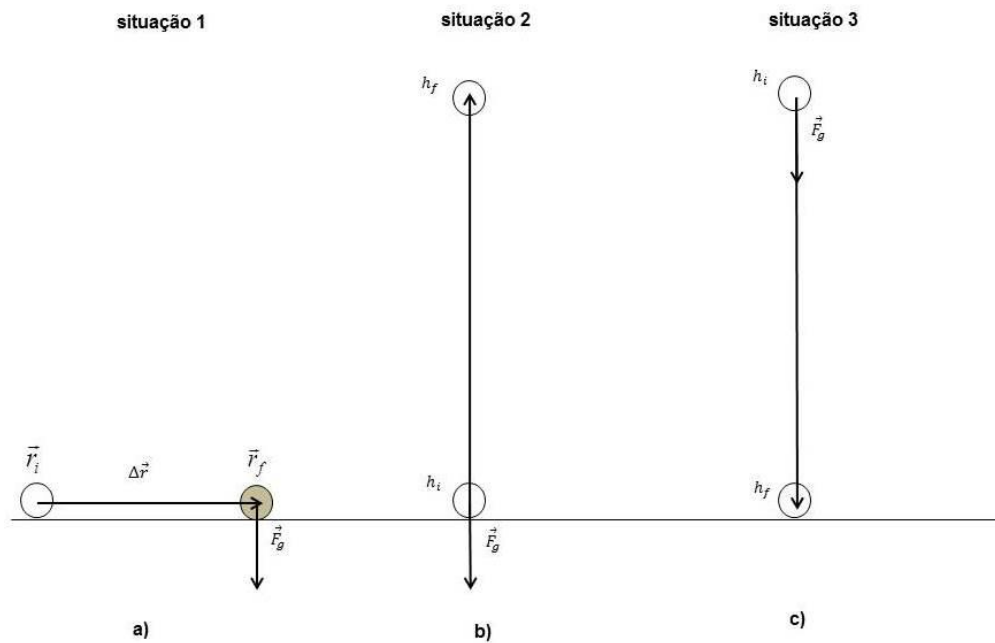


Figura 23 – Deslocamento de um corpo

Analisando as situações descritas verificamos que a força gravítica é perpendicular ao deslocamento quando o corpo se desloca na horizontal (23a)), tem sentido contrário ao deslocamento quando o corpo está a subir (23b)) e tem o sentido do deslocamento quando o corpo está a descer (23c)).

Se utilizarmos a equação do trabalho realizado por uma força constante chegamos à conclusão de que quando o movimento do corpo é realizado na vertical, o trabalho do peso é negativo na subida mas positivo na descida e quando o movimento é realizado na horizontal o trabalho do peso é nulo.

Em síntese, o trabalho realizado pelo peso do corpo nas três situações será:



Situação 1 – 23a)	Situação 2 – 23b)	Situação 3 – 23c)
na horizontal	na subida	na descida
$W_{\vec{F}_g} = F_g \Delta r \cos 90^\circ$	$W_{\vec{F}_g} = F_g \Delta r \cos 180^\circ$	$W_{\vec{F}_g} = F_g \Delta r \cos 0^\circ$
$W_{\vec{F}_g} = mg(h_f - h_i) \times 0$	$W_{\vec{F}_g} = mg(h_f - h_i) \times (-1)$	$W_{\vec{F}_g} = mg(h_f - h_i) \times 1$
$W_{\vec{F}_g} = 0$	$W_{\vec{F}_g} = -mg\Delta h$	$W_{\vec{F}_g} = mg\Delta h$

Durante a subida e queda do corpo há transformação de energia cinética em energia potencial gravítica e vice-versa. Quando o corpo atinge o solo e imobiliza, a energia cinética de translação transforma-se em energia interna do corpo e solo.

Assim, pelo Teorema do trabalho e Energia Cinética e sabendo que o corpo, nas situações 23b) e 23c), apenas está sujeito a ação da força gravítica local, obtém-se:

$$W_{\vec{F}_r} = W_{\vec{F}_g} \Leftrightarrow \Delta E_c = -\Delta E_{p_g} \quad (16)$$

O que permite concluir que na queda a energia potencial gravítica vai-se transformando em energia cinética de translação, e esta aumenta de uma quantidade que é igual à diminuição da energia potencial gravíticas.

Utilizando o Teorema do trabalho e Energia Cinética podemos escrever:

$$W_{\vec{F}_g} = -\Delta E_{p_g} \quad (17)$$

Concluimos assim que o trabalho realizado pelo peso de um corpo entre dois pontos é simétrico da variação da energia potencial gravítica do sistema "corpo-Terra", para pontos próximos da superfície terrestre.

A expressão (17) é válida para qualquer trajetória do ponto de aplicação do peso do corpo.

Analisemos um corpo (**figura 24**) que se desloca de A para B na situação 1, descendo um plano inclinado com uma altura  $h$  e inclinação  $\theta$ , na situação 2 desce uma escada de A para C com inclinação  $\beta$  e na situação 3 cai verticalmente do ponto A até D de acordo com a figura.

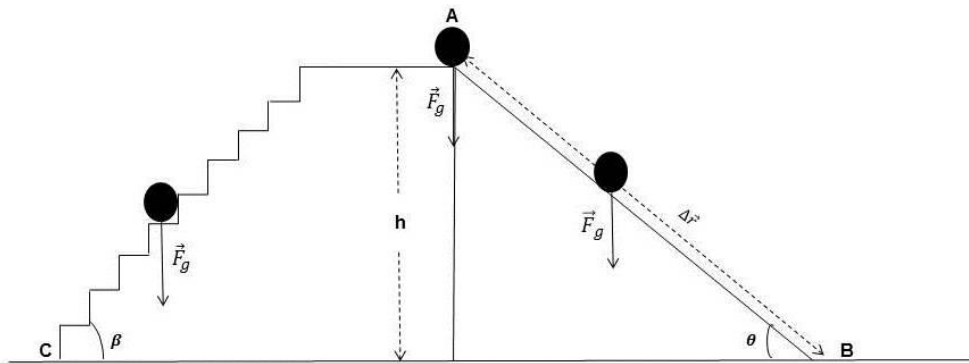


Figura 24 – Deslocamento d e um corpo por três percursos diferentes.

Como nas três situações o corpo é o mesmo e nas três situações parte do mesmo nível de referência (plataforma) e chega ao solo, a diferença de altura entre a posição inicial e a final é a mesma, bem como a variação da energia potencial gravítica.

Através da expressão do trabalho da força gravítica:  $W_{\vec{F}_g} = F_g \Delta r \cos \alpha$  temos para cada situação:

**Situação 1:** corpo que se desloca de A para B, ao longo do plano inclinado

Aplicando a expressão:

$$W_{\vec{F}_g} = F_g \Delta r \cos \alpha \quad \text{como: } \alpha = 90^\circ - \theta$$

$$W_{\vec{F}_g} = F_g \Delta r \cos(90^\circ - \theta) \quad \text{sendo: } \cos(90^\circ - \theta) = \text{sen} \theta$$

temos

$$W_{\vec{F}_g} = F_g \Delta r \text{ sen} \theta$$

e como

$$\text{sen} \theta = \frac{h}{\Delta r}$$

Substituindo os valores conhecidos:

$$W_{\vec{F}_g} = mg \frac{h}{\text{sen} \theta} \text{ sen} \theta$$

A expressão obtida para o cálculo do trabalho da força gravítica toma a forma:

$$W_{\vec{F}_g} = mgh$$

Ou aplicando a expressão  $W_{\vec{F}_g} = -\Delta E_{p_g}$  verificamos  $\Delta E_{p_g} = mg(h_f - h_i)$  logo como  $h_f = 0,0 \text{ m}$  temos  $W_{\vec{F}_g} = mgh$

**Situação 2:** corpo desce a escada de A até C

$$W_{\vec{F}_g} = W_{\vec{F}_g \text{ na horizontal}} + W_{\vec{F}_g \text{ na vertical}}$$

como na horizontal das escadas:  $\alpha = 90^\circ$

e na zona vertical das escadas:  $\alpha = 0^\circ$

então substituindo os valores conhecidos temos:

$$W_{\vec{F}_g} = mg \Delta r \cos 90^\circ + mg \Delta r \cos 0^\circ$$

e sendo

$\Delta r = h$ , pois o desnível é o mesmo, isto é, a diferença de altura entre as posições inicial e final é a mesma, a expressão obtida para o cálculo do trabalho da força gravítica toma a forma:

$$W_{\vec{F}_g} = mgh$$

**Situação 3:** corpo cai verticalmente do ponto A até D

$$W_{\vec{F}_g} = F_g \Delta r \cos \alpha$$

como:  $\alpha = 0^\circ$

Então substituindo os valores conhecidos temos:

$$W_{\vec{F}_g} = mg \Delta r \cos 0^\circ \quad \text{e} \quad \text{sendo } \Delta r = h$$

A expressão obtida para o cálculo do trabalho da força gravítica toma a forma:

$$W_{\vec{F}_g} = mgh$$

Concluimos assim que o trabalho realizado pela força gravítica nas três situações foi igual.

Se fizéssemos o estudo no sentido inverso, isto é, na subida iríamos verificar que o trabalho realizado pela força gravítica nas três situações seria simétrico do valor calculado.

Então o trabalho realizado pela força gravítica aplicada no centro de massa do corpo é independente da trajetória percorrida e se realizássemos o processo de subida e descida nas três trajetórias, isto é, se a trajetória fosse fechada o trabalho realizado seria nulo.

Assim numa trajetória em que o ponto de partida e o ponto de chegada são o mesmo, o trabalho realizado pela força gravítica aplicada no centro de massa do corpo é nulo.

#### 1.14. Trabalho e energia potencial gravítica

Com o exemplo (**figura 24**) anterior apresentamos duas propriedades relativas à força gravítica, nomeadamente que o trabalho realizado, pela força gravítica aplicada no centro de massa do corpo, é independente da trajetória percorrida por esse corpo e que num percurso fechado, isto é, quando a posição inicial e a posição final é a mesma, o trabalho realizado é nulo.

Dizemos, então, que as forças que apresentam estas propriedades são **forças conservativas**,  $\vec{F}_C$ .

Generalizando, o trabalho realizado pelas forças conservativas é simétrico da variação da energia potencial associada e a expressão matemática que traduz esta afirmação é:

$$W_{\vec{F}_C} = -\Delta E_p \quad (18)$$

Nesta secção focalizaremos a atenção para, um sistema isolado, em que um corpo rígido e indeformável de massa  $m$ , cai desde a altura inicial,  $h_A$ , até à altura final,  $h_B$ , acima do nível do solo (figura 25).

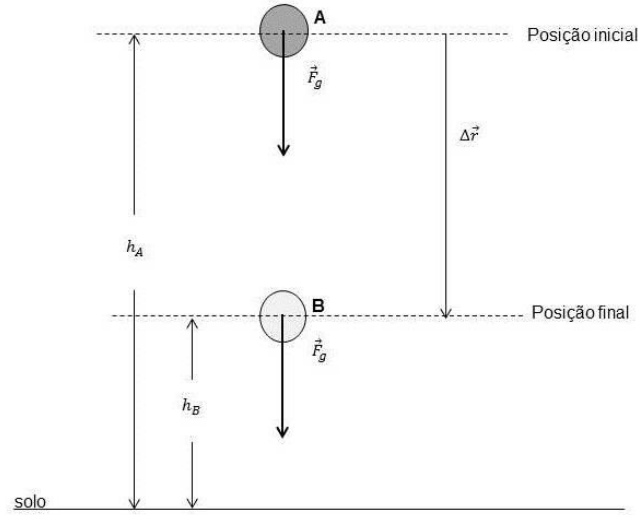


Figura 25 – Corpo de massa  $m$  em queda vertical.

Verificamos que num corpo, próximo da superfície da Terra, a força gravítica é a força que realiza trabalho quando este cai livremente da posição  $A$  para a posição  $B$ . O corpo ganha velocidade à medida que se dirige para o solo e a distância relativa do centro de massa do corpo ao centro de massa da Terra é alterada causando uma variação na energia potencial gravítica do sistema corpo-Terra, que é simétrica do trabalho realizado.

Como a força gravítica, aplicada no centro de massa do corpo, e o deslocamento do seu ponto de aplicação tem a mesma direção e sentido,  $\alpha = 0^\circ$ , e tal como já foi referido, o trabalho da força gravítica próximo da superfície terrestre é dado pela expressão  $W_{\vec{F}_g} = F_g \Delta r \cos \alpha$ , temos para este exemplo seguinte relação:

$$W_{\vec{F}_g} = mgh_B - mgh_A \quad (19)$$

sendo:

$$\cos 0^\circ = 1; \quad F_g = mg \quad \text{e} \quad \Delta r = |h_B - h_A|$$

E como o trabalho realizado por qualquer força conservativa sobre um corpo depende

apenas das posições inicial e final do corpo podemos defini-lo em função da variação da energia potencial - o trabalho realizado é o simétrico da variação da energia potencial, assim:

$$W_{\vec{F}_g} = -\Delta E_{p_g} \quad \text{e} \quad \Delta E_{p_g} = E_{p_{\text{gravítica final}}} - E_{p_{\text{gravítica inicial}}}$$

Escrevendo a expressão (1) de outro modo:

$$\begin{aligned} -\left(E_{p_{\text{gravítica final}}} - E_{p_{\text{gravítica inicial}}}\right) &= -(mgh_B - mgh_A) \\ -E_{p_{\text{gravítica final}}} + E_{p_{\text{gravítica inicial}}} &= mgh_A - mgh_B \end{aligned}$$

Temos:

$$\text{Na posição inicial: } E_{p_g}(A) = mgh_A$$

$$\text{Na posição final: } E_{p_g}(B) = mgh_B$$

Logo, a expressão matemática que permite calcular a energia potencial gravítica é:

$$E_{p_g} = mgh \quad (20)$$

Todos os corpos que interatuam com a Terra possuem energia potencial gravítica e quando o corpo está em queda livre, a diminuição da energia potencial “pertence” ao sistema “corpo-Terra” e não unicamente ao corpo.

Para o estudo deste tipo de movimento a definição do nível de referência é crucial para a quantificação da energia potencial.

Na escolha do nível de referência para análise de uma situação quer a altura do nível de referência quer a energia que lhe é atribuída são arbitrados por quem está a analisar uma situação e, depois de escolhidos, têm que ser sempre considerados enquanto a análise dessa situação estiver em curso.

Escolhemos sempre uma das posições do corpo para nível de referência que pode ser o nível médio das águas do mar ou qualquer outro nível de referência desde que seja adequado ao sistema em estudo e, nessa posição, atribuímos um valor à energia potencial gravítica.

### 1.15. Conservação da energia mecânica

Pegando no mesmo exemplo do corpo de massa  $m$  a subir na vertical (figura 18 c) - situação 3) verificamos que após o lançamento, o corpo fica sujeito, apenas, à ação da força gravítica, se a força de resistência do ar for desprezada. Durante a subida há transformação de energia cinética em energia potencial gravítica. Em qualquer ponto do percurso, o aumento da energia potencial gravítica é igual à diminuição da energia cinética. Quando cai, o aumento da energia cinética entre quaisquer pontos do percurso é igual à diminuição da energia potencial gravítica e chegando ao ponto de partida, parte da energia cinética converte-se em energia interna do corpo e da superfície de contacto (causando aquecimento) e outra parte em energia sonora, admitindo que o corpo fica em repouso após a queda.

Neste sistema “corpo-Terra” consideramos que atuam apenas forças conservativas. Assim, a expressão para o cálculo do trabalho resultante das forças está relacionado com o trabalho realizado pelas forças conservativas que atuam no sistema e, de acordo com o teorema da energia cinética, é igual à variação da sua energia cinética.

$$W_{\vec{F}_r} = W_{\vec{F}_c} = \Delta E_c \quad (21)$$

Como o trabalho realizado por ação da força gravítica (força conservativa) corresponde ao simétrico da variação da sua energia potencial gravítica, vem:

$$-\Delta E_{p_g} = \Delta E_c \quad (22)$$

Assim, a soma da variação da energia potencial gravítica com a variação da energia cinética é nula:

$$\Delta E_{p_g} + \Delta E_c = 0 \quad (23)$$

E quando só há interações gravíticas, a soma da energia potencial gravítica com a energia cinética, num dado instante, define a energia mecânica de um sistema,  $E_m$ , logo podemos deduzir que:

$$\Delta E_m = 0 \quad (24)$$

Podemos concluir que esta expressão traduz a **Lei da Conservação da energia mecânica**, ou seja, num sistema “corpo-Terra” onde **só forças conservativas realizam trabalho**, não há dissipação de energia, isto é, a **energia mecânica total** ( $E_{p_g} + E_c$ ) **permanece constante**.

$$E_m = \text{constante} \quad (25)$$

Para a situação descrita (exemplificada pela **figura 26**), a representação gráfica da energia do sistema corpo-Terra em função da altura do corpo e em relação à Terra é a seguinte.

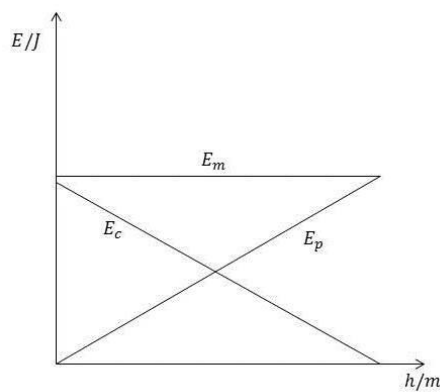


Figura 26 – Representação gráfica da energia em função da altura.

Verificamos que num sistema isolado formado por corpos rígidos que interatuam apenas com forças conservativas, a energia mecânica permanece constante.

### 1.16. Forças não conservativas e dissipação de energia

No estudo anterior foram tratados sistemas onde apenas atuavam forças conservativas, no entanto na maioria das situações estão presentes forças não conservativas.

Uma **força** diz-se **não conservativa** quando o trabalho realizado por ação dessa força sobre o corpo que se move entre duas posições depende da trajetória descrita pelo corpo - são forças que, de alguma forma, alteram a energia mecânica do sistema.



Por exemplo, a força de atrito e a resistência do ar, que em geral contribuem para a diminuição da energia mecânica do sistema, são forças dissipativas que realizam trabalho resistente.

No entanto, quando se analisa um sistema físico não-isolado, as forças dissipativas não são as únicas forças não conservativas.

Por exemplo uma força aplicada por um humano, ou um animal, ou um objeto, ou um motor, pode fazer variar a velocidade e/ou a altura do corpo.

Note-se, ainda, que existem casos em que as forças não conservativas atuam no sistema e continua a haver conservação de energia mecânica. Para tal acontecer é necessário que essas forças não realizem trabalho.

Ao longo desta dissertação tem sido referido que a energia é uma grandeza que se conserva, no entanto surge agora a ideia de que a energia mecânica nem sempre pode ser considerada constante.

Vejamos o exemplo de um corpo que se desloca numa certa trajetória em que atuam forças conservativas e não conservativas.

Como atuam forças conservativas e forças não conservativas o trabalho realizado por ação da resultante das forças no sistema será igual a soma do trabalho realizado por ação de cada força, podemos escrever:

$$W_{\vec{F}_r} = W_{\vec{F}_C} + W_{\vec{F}_{NC}} \quad (26)$$

Atendendo a que o trabalho realizado por ação da resultante das forças, que atuam num sistema, corresponde à variação da sua energia cinética e por outro lado que o trabalho realizado pelas forças conservativas corresponde à variação da sua energia potencial obtemos a expressão que relaciona a variação da energia mecânica de um sistema com o trabalho realizado sobre o centro de massa por forças não conservativas.

Pelo teorema da energia cinética:

$$W_{\vec{F}_r} = \Delta E_c$$

Como:

$$W_{\vec{F}_C} = -\Delta E_p$$

a expressão:

$$W_{\vec{F}_r} = W_{\vec{F}_C} + W_{\vec{F}_{NC}}$$

Pode ser escrita do seguinte modo:

$$\Delta E_c = -\Delta E_p + W_{\vec{F}_{NC}} \Leftrightarrow W_{\vec{F}_{NC}} = \Delta E_c + \Delta E_p$$

Ou seja:

$$W_{\vec{F}_{NC}} = \Delta E_m \quad (27)$$

Conclui-se que a energia mecânica não se mantém constante e quando atuam forças não conservativas, isto é, a energia mecânica conserva-se.

Consideremos a **figura 27**, que descreve o movimento de um corpo de massa  $m$  que inicialmente se desloca numa superfície horizontal, sem atrito, com um valor de velocidade constante,  $v_i$ . No final deste percurso encontra uma rampa com uma certa inclinação, e com atrito não desprezável. O corpo desloca-se sobre a rampa até parar, atingindo a altura (máxima)  $h$ .

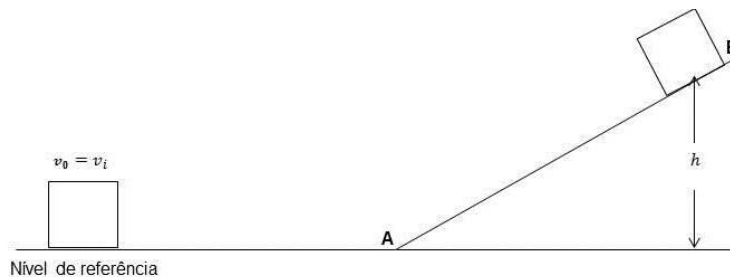


Figura 27 – Movimento de um corpo ao longo de um plano inclinado com atrito.

Para determinar o trabalho realizado por ação da força de atrito durante a subida do corpo na rampa temos que analisar a trajetória do corpo, isto é, desde o ponto onde se inicia o movimento até onde termina.

Assim, na horizontal como o corpo se desloca com velocidade constante até A, e se se despreza o atrito, pela lei da conservação de energia temos:

$$E_{m_A} = \frac{1}{2}mv_A^2 + 0$$

Quando o corpo sobe a rampa, com atrito, e sendo esta força uma força não conservativa, a energia mecânica do sistema não se conserva, logo:

$$W_{\vec{F}_r} = \Delta E_c \Leftrightarrow W_{\vec{F}_a} = \Delta E_m \quad (28)$$

$$\text{Sendo } \Delta E_m = E_{m_B} - E_{m_A} \text{ e como } E_{m_A} = \frac{1}{2}mv_A^2 \text{ e } E_{m_B} = mgh$$

Como a força de atrito realiza trabalho resistente ( $W_{\vec{F}_a} < 0$ ) podemos concluir que ocorreu dissipação de energia, ou seja, a energia do sistema diminuiu logo a energia mecânica em B é menor do que a energia mecânica em A.

Com esta expressão podemos também determinar a intensidade da força de atrito (supostamente constante):

$$W_{\vec{F}_a} = \Delta E_m \Leftrightarrow F_a \cdot \Delta r \cdot \cos 180^\circ = mgh_B - \frac{1}{2}mv_A^2 \Leftrightarrow F_a = \frac{mgh_B - \frac{1}{2}mv_A^2}{\Delta r \cdot \cos 180^\circ}$$

### 1.17. Rendimento

Sabemos que as lâmpadas fluorescentes iluminam mais do que as lâmpadas comuns e que há automóveis que consomem menos combustível que outros. Assim constatamos que há sistemas que aproveitam melhor o “combustível” que “consomem” e dizemos que esses sistemas têm maior rendimento.

Como não existem sistemas mecânicos ideais, na realidade é praticamente impossível eliminar forças não conservativas como o atrito. Assim, o processo não será totalmente eficiente pois a transformação e/ou transferência de toda a energia mecânica disponível inicialmente em energia útil torna-se impossível.

A relação entre a energia disponível (energia que é disponibilizada ao sistema), a útil e a dissipada é dada pela seguinte expressão:

$$E_{\text{disponível}} = E_{\text{útil}} + E_{\text{dissipada}} \quad (29)$$

Para se saber a eficiência de uma transformação ou transferência de energia recorre-se ao conceito de rendimento,  $\eta$ , pois esta grandeza física relaciona-se com a energia útil ( $E_{\text{útil}}$ ) e a energia disponível ( $E_{\text{disponível}}$ ) de um dado sistema.

Assim, define-se rendimento de um sistema pelo quociente entre a energia útil ( $E_{\text{útil}}$ ) e a energia disponível ( $E_{\text{disponível}}$ ).

$$\eta = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{disponível}}} \quad (30)$$

Esta expressão pode-se escrever em termos de percentagem:

$$\eta(\%) = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{disponível}}} \times 100\%$$

Através da análise das expressões anteriores podemos concluir que, quanto maior o rendimento de um sistema, maior é a quantidade de energia útil que ele produz e, consequentemente, menor será a energia dissipada – o processo é mais eficiente. Também verificamos que o rendimento é uma grandeza adimensional, pois é o quociente entre duas grandezas com a mesma unidade (que se expressam em joule, J, na unidade SI).

Num sistema sem dissipação de energia a energia útil seria igual à energia disponível, isto é, o rendimento seria igual a 100 %. Como na realidade isto não acontece pois, existe sempre dissipação de energia, dizemos que estamos na presença de um sistema mecânico real ( $\eta < 100\%$ ).

Vejamos a **figura 28** que ilustra o movimento de um corpo rígido, de massa  $m$ , que é abandonado no topo (posição A) de uma rampa, de altura  $h$ , com uma certa inclinação, e com atrito não desprezável.

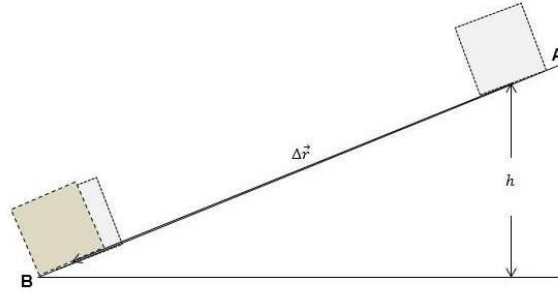


Figura 28 – Movimento de um corpo num plano inclinado com atrito.

Como o corpo é abandonado, no ponto A, logo, a sua velocidade inicial é nula assim como a energia cinética. Por outro lado, verifica-se que o módulo da velocidade,  $v$ , do corpo aumenta com o aumento da distância percorrida,  $d$ , ao longo do plano inclinado.

Assim, de acordo com o Teorema da Energia Cinética, o trabalho realizado pela resultante das forças, que atuam no centro de massa do corpo, é igual à variação da energia cinética no intervalo de tempo em que as forças estão aplicadas.

As forças, que se consideram constantes, aplicadas no centro de massa do corpo enquanto desce a rampa, são:

- o peso do corpo,  $\vec{F}_g$ , com direção vertical;
- a reação normal,  $\vec{R}_N$ , com direção perpendicular ao plano de apoio;
- a força de atrito,  $\vec{F}_a$ , com direção tangente ao plano de apoio e com sentido contrário ao do movimento.

Logo a ação destas três forças, sobre o centro de massa do corpo, é equivalente à ação da resultante das forças que tem a mesma direção e sentido do vetor deslocamento.

Para determinar o rendimento da conversão de energia potencial gravítica (energia disponível) em energia cinética (energia útil), determinamos a energia mecânica inicial (no ponto A) e a final (no ponto B). Assim temos:

$$E_{m_i} = E_{c_i} + E_{pg_i} \Leftrightarrow E_{m_i} = 0 + mgh \Leftrightarrow E_{m_i} = mgh$$

$$E_{m_f} = E_{c_f} + E_{pg_f} \Leftrightarrow E_{m_f} = E_{c_f} + 0 \Leftrightarrow E_{m_f} = E_{c_f}$$

Sendo a energia cinética final determinada da seguinte forma:

$$\Delta E_c = W_{\vec{F}_r} \Leftrightarrow E_{c_f} - E_{c_i} = W_{\vec{F}_g} + W_{\vec{R}_n} + W_{\vec{F}_a} \Leftrightarrow$$

$$\begin{aligned}
\Leftrightarrow E_{c_f} - 0 &= -\Delta E_{p_g} + 0 + F_a \cdot \Delta r \cdot \cos 180^\circ \Leftrightarrow \\
\Leftrightarrow E_{c_f} &= -mg(h_f - h_i) - F_a \cdot \Delta r \Leftrightarrow \\
\Leftrightarrow E_{c_f} &= mgh_i - F_a \cdot \Delta r \Leftrightarrow \\
\Leftrightarrow E_{c_f} &= E_{p_{g_i}} - F_a \cdot \Delta r \Leftrightarrow
\end{aligned}$$

Assim, o rendimento do processo pode ser determinado através da seguinte relação:

$$\begin{aligned}
\eta(\%) = \frac{E_{m_f}}{E_{m_i}} \times 100 &\Leftrightarrow \eta(\%) = \frac{E_{c_f}}{E_{p_{g_i}}} \times 100 \Leftrightarrow \eta(\%) = \frac{E_{p_{g_i}} - F_a \cdot \Delta r}{E_{p_{g_i}}} \times 100 \Leftrightarrow \\
&\Leftrightarrow \eta(\%) = 1 - \frac{F_a \cdot \Delta r}{E_{p_{g_i}}} \times 100
\end{aligned}$$

O que permite concluir que o rendimento não é 100%, havendo dissipação de energia devido à ação de forças dissipativas, como o atrito.

Sendo a energia cinética no final da rampa diferente da energia potencial gravítica no topo do plano podemos calcular facilmente a energia dissipada do corpo pela ação das forças aplicadas através da expressão:

$$E_{\text{dissipada}} = |E_{\text{disponível}} - E_{\text{útil}}| \quad (31)$$

Sendo a energia disponível dada por  $E_{m_i}$  e a energia útil dada por  $E_{m_f}$ , temos:

$$E_{\text{dissipada}} = |E_{m_i} - E_{m_f}| \quad (32)$$

Substituindo os valores conhecidos, vem

$$E_{\text{dissipada}} = F_a \cdot \Delta r \quad (33)$$

De forma semelhante se pode atuar em outras situações (exemplos) para determinar o rendimento de um processo de transferência de energia e a energia dissipada.

### III. PROPOSTAS DE ATIVIDADES COM RECURSO A SIMULAÇÕES

#### 1.Introdução

No estudo das ciências será sempre necessário que a teoria e a prática convirjam pois a prática é extremamente útil para compreender uma teoria científica.

Segundo o “Programa de Física e Química A”:

*“O trabalho prático-laboratorial, entendido como todo o trabalho realizado pelos alunos, desde a resolução de problemas, atividades de pesquisa e de comunicação, atividades com ou sem recurso a material de laboratório (incluindo o controlo de variáveis), é indispensável para o aluno desenvolver capacidades associadas ao trabalho científico.”* (pag. 24)

Temos consciência de que o trabalho prático poderá servir para validar, descobrir ou esclarecer uma teoria. O trabalho prático apresenta diversas vertentes que podem ser exploradas, podendo-se salientar aquela que se traduz no aumento do interesse e motivação dos alunos e a que desenvolve a capacidade (habilidade técnica) para realizar o trabalho.

Cientes de que as novas tecnologias abrem caminho a estratégias inovadoras e eficazes, aptas a um maior envolvimento cognitivo dos alunos, e acreditando de que é um tipo de estratégia pedagógica utilizada que influencia o rendimento e/ou o desempenho dos alunos, pretendemos tirar vantagem destes recursos, especialmente os que concedem a possibilidade de simular experiências, permitindo explorar e alterar variáveis em estudo, analisar em tempo real os dados recolhidos e outras mais-valias que conduzem a uma aprendizagem significativa.

Contudo, é fundamental a orientação e seleção do material mais relevante e de maior qualidade, pois verifica-se que muitos alunos acedem à internet, e a programas na área das ciências, mas não sabem explorar as suas capacidades de forma eficaz.

Propomos, assim, o uso de simulações computacionais (algumas de atividades laboratoriais) como estratégia de ensino da ciência na sala de aula. Para isso apresentamos simulações computacionais, utilizando o *software* Modellus, sendo apresentadas no apêndice 1 breves instruções sobre a interface do programa.

O desenvolvimento das tarefas está relacionado com os conteúdos abordados no enquadramento científico, deste relatório e, para todas as atividades é necessária a instalação da versão do programa Modellus (Modellus 4.01).

Para cada tarefa é feita uma descrição geral da atividade e o aluno é orientado na execução através do enunciado existente na janela “Notas”, e responde às questões aí colocadas.

É de realçar que as simulações são úteis e importantes, mas não devem ser utilizadas como um substituto do trabalho experimental. Devem antes ser um complemento deste.

## 2.Tarefas utilizando o software Modellus

### 2.1. – Tarefa 1: Trabalho de uma força e variação da energia cinética

#### Descrição geral da atividade:

O modelo, ilustrado na figura 29, simula o movimento de translação de um corpo ao longo de um plano horizontal, sujeito à ação de uma força motora (com direção e intensidade controlável), podendo-se considerar (ou não) desprezáveis os efeitos das forças de atrito.

No modelo é apresentada a variação de algumas grandezas físicas (energia cinética, energia potencial, módulo do deslocamento, ângulo entre a direção da força motora e o plano horizontal, módulo das forças e trabalho realizado pelas forças).

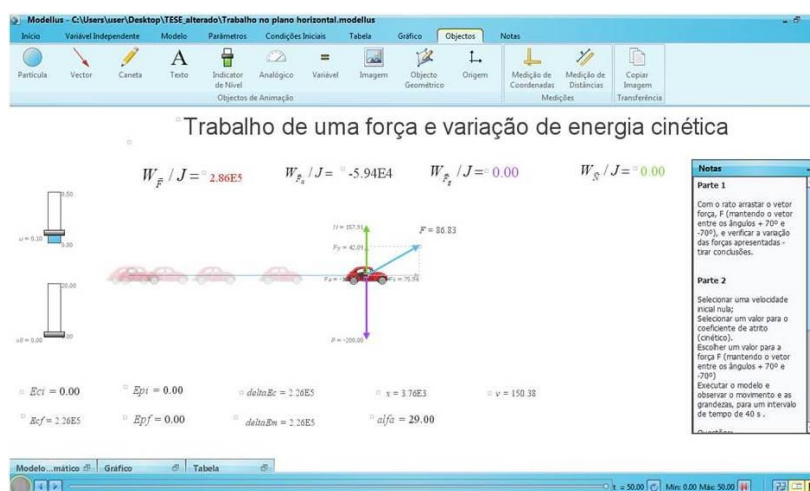


Figura 29 – Captura de ecrã do software Modellus da atividade da tarefa 1.



Conteúdo inserido na janela “Notas”:

### Parte 1

1. Com o rato arrastar o vetor força,  $\vec{F}$  (mantendo a direção do vetor entre os ângulos  $+70^\circ$  e  $-70^\circ$ ), e verificar a variação das forças apresentadas - tirar conclusões.

### Parte 2

1. Selecionar uma velocidade inicial nula;
2. Selecionar um valor para o coeficiente de atrito (cinético).
3. Escolher um valor para a intensidade da força  $\vec{F}$  (mantendo a direção do vetor entre os ângulos  $+70^\circ$  e  $-70^\circ$ )
4. Executar o modelo e observar o movimento e as grandezas, para um intervalo de tempo de 40 s.

### Questões:

- a) Qual é o módulo do deslocamento do carrinho?
- b) Qual é o módulo das forças aplicadas no carrinho?
- c) Calcular o trabalho realizado por cada força aplicada no carrinho.
- d) Que relação há entre a variação de energia cinética e o trabalho da resultante das forças aplicadas no carrinho?
- e) Calcular o módulo velocidade que o carrinho atingiu ao fim de 40 s.
- f) Calcular a energia dissipada no percurso (ao fim de 40 s).

### 2.2. – Tarefa 2: Cálculo do trabalho de uma força pelo processo gráfico.

#### Descrição geral da atividade:

O modelo, ilustrado na figura 30, simula o movimento de translação de um corpo ao longo de um plano horizontal, sujeito à ação de uma força motora com direção paralela à direção do deslocamento (são desprezáveis os efeitos das forças de atrito).

Numa situação a força tem o sentido do deslocamento e intensidade constante.

Em outra situação a força tem intensidade variável, com sentido igual ou oposto ao deslocamento).

No modelo é apresentada a variação de algumas grandezas físicas (módulo do deslocamento e intensidade das forças), sendo, também apresentados os gráficos da variação do valor algébrico da força em função do módulo do deslocamento, em cada situação, o que permite deduzir a relação entre o valor das “áreas” e o trabalho realizado pela força aplicada.

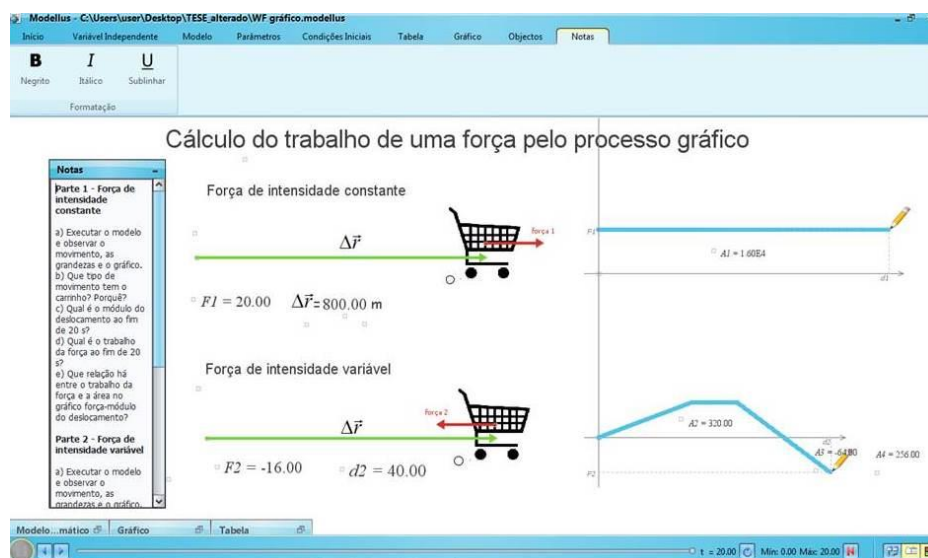


Figura 30 – Captura de ecrã do software Modellus da atividade da tarefa 2.

### Conteúdo inserido na janela Notas:

#### Parte 1 - Força de intensidade constante

- Executar o modelo e observar a evolução, em função do tempo, do movimento do carrinho, das grandezas “módulo do deslocamento” e “intensidade das forças” e do gráfico “força-deslocamento”
- Como classifica o movimento do carrinho? Porquê?
- Qual é o módulo do deslocamento ao fim de 20 s?
- Qual é o trabalho realizado pela força aplicada ao fim de 20 s?
- Que relação há entre o trabalho realizado pela força e a “área” no gráfico força-módulo do deslocamento?

#### Parte 2 - Força de intensidade variável

- Executar o modelo e observar a evolução, em função do tempo, do movimento, e das grandezas “módulo do deslocamento” e “intensidade das forças” e do gráfico “força-deslocamento”. Admite-se que se puxa o carrinho sem movimentos bruscos.
- Qual é o módulo do deslocamento ao fim de 20 s?

- c) O trabalho realizado pela força aplicada ao carrinho pode ser determinado a partir da expressão:  $W = F d \cos \alpha$ ? Porquê?
- d) Qual é o trabalho da força ao fim de 20 s?

### 2.3. – Tarefa 3: Estudo do movimento de uma bola quando é lançada na vertical

#### Descrição geral da atividade:

O modelo, ilustrado na figura 31, simula o movimento de translação de um corpo lançado na vertical, sem resistência do ar.

No modelo é apresentada a variação de algumas grandezas físicas – altura, em relação ao nível de referência e valor algébrico da velocidade –, sendo também apresentados os gráficos da variação energia cinética, energia potencial gravítica e energia mecânica, em função do tempo, de forma a permitir a análise da lei da conservação de energia.

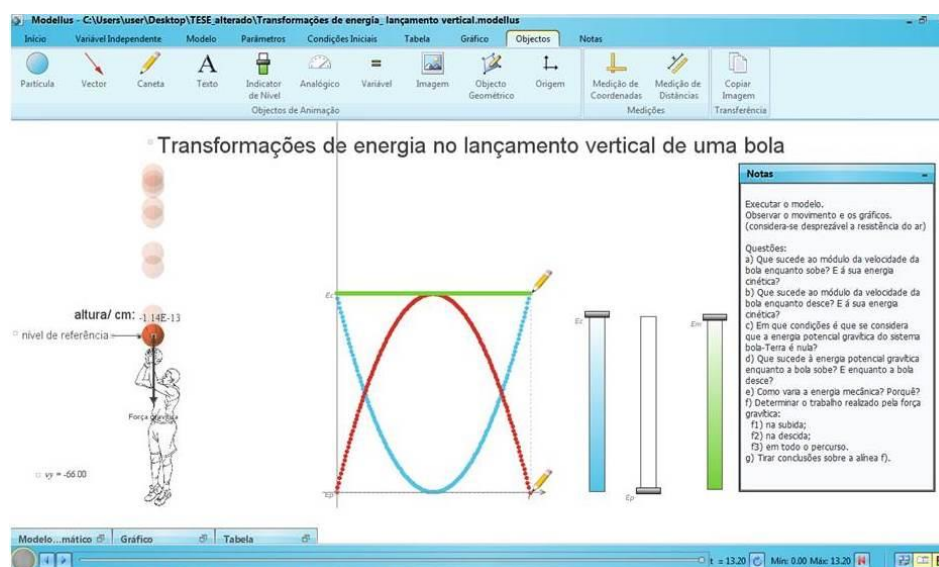


Figura 31 – Captura de ecrã do software Modellus da atividade da tarefa 3.

#### Conteúdo inserido na janela Notas:

1. Executar o modelo.
2. Observar o movimento ascendente e descendente da bola e os respetivos gráficos.

(considera-se desprezável a resistência do ar)

### Questões:

- a) Como varia o módulo da velocidade da bola enquanto sobe? E como varia a respetiva energia cinética?
- b) Como varia o módulo da velocidade da bola enquanto desce? E como varia a respetiva energia cinética?
- c) Em que condições é que se considera que a energia potencial gravítica do sistema bola-Terra é nula?
- d) Como varia a energia potencial gravítica, do sistema bola-Terra, enquanto a bola sobe? E enquanto a bola desce?
- e) Como varia a energia mecânica no movimento de subida e no movimento de descida? Porquê?
- f) Determinar o trabalho realizado pela força gravítica:
  - f<sub>1</sub>) na subida;
  - f<sub>2</sub>) na descida;
  - f<sub>3</sub>) em todo o percurso.
- g) Que conclusão se pode tirar dos resultados obtidos na alínea f)?

### 2.4. – Tarefa 4: Dissipação de energia no movimento com atrito ao longo de um plano inclinado e de um plano horizontal

#### Descrição geral da atividade:

A simulação, ilustrada na figura 32, mostra as forças envolvidas no movimento de translação de um corpo ao longo de um plano inclinado e ao longo de um plano horizontal, com uma força de atrito de intensidade constante.

No modelo é apresentado o valor de algumas grandezas físicas – altura, em relação ao nível de referência, massa, energia cinética, energia dissipada, intensidade da força de atrito, inclinação e comprimento do plano –, o que possibilita a análise das considerações energéticas envolvidas neste tipo de movimento.

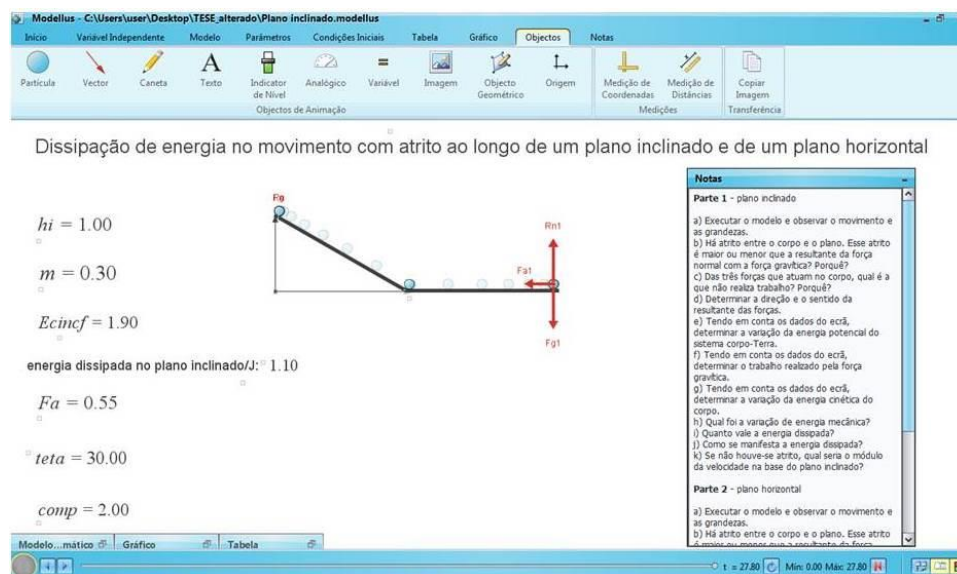


Figura 32 – Captura de ecrã do software Modellus da atividade da tarefa 4.

### Conteúdo inserido na janela Notas:

#### Parte 1 - plano inclinado

- a) Executar o modelo e observar o movimento e as grandezas: altura, em relação ao nível de referência, massa, energia cinética, energia dissipada, intensidade da força de atrito, inclinação e comprimento do plano.
- b) A intensidade força de atrito é maior ou menor que a intensidade da força resultante entre a força normal e a força gravítica? Porquê?
- c) Das três forças que atuam no corpo, qual é a que não realiza trabalho? Porquê?
- d) Determinar a direção e o sentido da resultante das forças.
- e) Tendo em consideração os dados, determine:
  - f<sub>1</sub>) a variação da energia potencial do sistema corpo-Terra.
  - f<sub>2</sub>) o trabalho realizado pela força gravítica.
  - f<sub>3</sub>) a variação da energia cinética do corpo.
- f) Qual foi a variação de energia mecânica?
- g) Qual o valor da energia dissipada?
- h) Como se manifesta a energia dissipada?
- i) Se não houve-se atrito, qual seria o módulo da velocidade na base do plano inclinado?

## Parte 2 - plano horizontal

- a) A intensidade da força de atrito é maior ou menor que a intensidade da resultante das forças entre a força normal e a força gravítica? Porquê?
- b) Das três forças que atuam no corpo, quais são as que não realizam trabalho? Porquê?
- c) Determinar a direção e o sentido da resultante das forças.
- d) Tendo em consideração os dados, determine:
  - d<sub>1</sub>) a variação da energia potencial do sistema corpo-Terra.
  - d<sub>2</sub>) a variação da energia cinética do corpo.
  - d<sub>3</sub>) variação de energia mecânica?
- e) Qual o valor da energia dissipada?

### 2.5. – Tarefa 5: Análise, em termos energéticos, do movimento de um corpo sobre um plano inclinado

#### Descrição geral da atividade:

A tarefa inserida no contexto da atividade laboratorial 1.1: Movimento num plano inclinado - variação de energia cinética e distância percorrida, enquadrada na componente de Física do 10º ano, no domínio Energia e sua conservação.

O modelo, ilustrado na figura 33, simula o movimento de translação de um corpo ao longo de um plano inclinado, podendo-se considerar (ou não) desprezáveis os efeitos das forças de atrito.

O sistema em estudo é um bloco que se movimenta ao longo de um plano inclinado, partindo do repouso, podendo-se registar a velocidade em dois pontos da trajetória, o que permite calcular as respetivas energias cinéticas e estabelecer a relação entre variação de energia cinética e distância percorrida num plano inclinado com e sem atrito e com diferentes inclinações.

No separador Gráfico é possível analisar os gráficos correspondentes às variações de energia ocorridas.

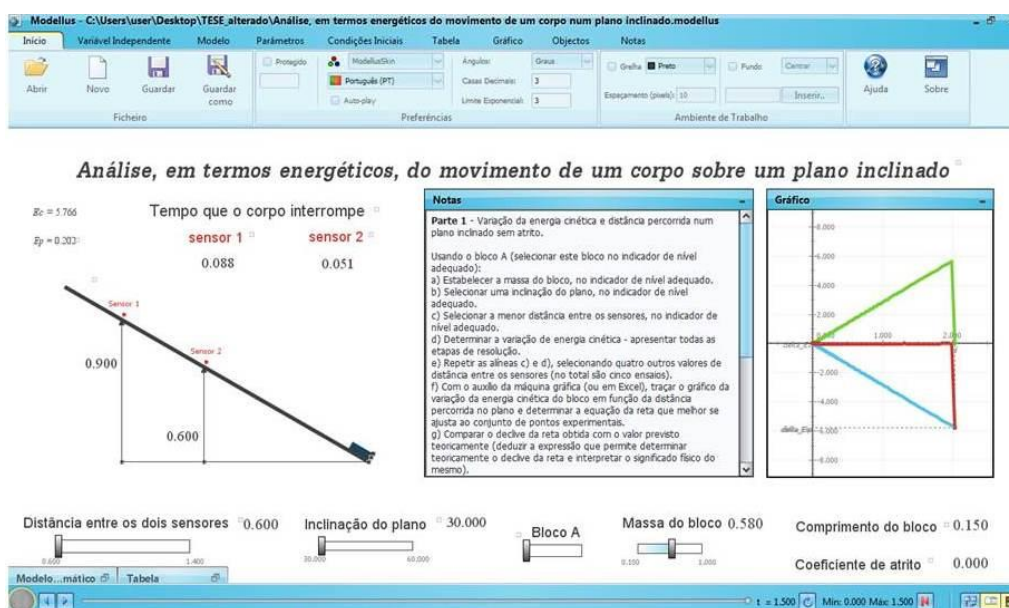


Figura 33 – Captura de ecrã do software Modellus da atividade da tarefa 5.

Fonte: Adaptado do site <http://fisicanalixa.blogspot.pt/>

### Conteúdo inserido na janela Notas:

#### Parte 1 - Variação da energia cinética e distância percorrida num plano inclinado sem atrito.

Usando o bloco A

- Selecionar o bloco A no indicador de nível adequado.
- Selecionar uma massa do bloco (0,580 kg), uma inclinação do plano (30°), e a menor distância entre os sensores no indicador de nível adequado (0,600 m).
- Determinar a variação de energia cinética - apresentar todas as etapas de resolução.
- Repetir a alínea c), selecionando quatro outros valores de distância entre os sensores. Devem ser efetuados 5 ensaios.
- Com o auxílio da máquina gráfica (ou em Excel), traçar o gráfico da variação da energia cinética do bloco em função da distância percorrida no plano e determinar a equação da reta que melhor se ajusta ao conjunto de pontos experimentais.
- Comparar o declive da reta obtida com o valor previsto teoricamente (deduzir a expressão que permite determinar teoricamente o declive da reta e interpretar o significado físico do mesmo).
- Concluir sobre a relação entre a variação da energia cinética de translação do bloco e a distância percorrida ao longo do plano inclinado.
- Prever a forma do gráfico nos seguintes casos:

- h<sub>1</sub>) aumento da massa do bloco;
- h<sub>2</sub>) massa do bloco constante e com velocidade inicial diferente de zero;
- h<sub>3</sub>) aumento da inclinação do plano, mantendo a massa do bloco constante e a velocidade inicial nula.

## Parte 2 - O atrito e a variação da energia mecânica

Usando o **bloco B** (selecionar este bloco no indicador de nível adequado):

- i) Repetir o passo a) e b)
- j) Determinar a energia dissipada – apresentar todas as etapas de resolução.
- k) Analisar o princípio da conservação de energia, nesta situação.

### 2.6. – Tarefa 6: Análise do movimento vertical de queda e ressalto de uma bola - transformações e transferências de energia.

#### Descrição geral da atividade:

A tarefa inserida no contexto da atividade laboratorial 1.2: Movimento vertical de queda e ressalto de uma bola - transformações e transferências de energia, enquadrada na componente de Física do 10º ano, no domínio Energia e sua conservação.

A simulação, ilustrada na figura 34, mostra o movimento vertical de queda e ressalto de uma bola, possibilitando a análise das transferências e transformações de energia envolvidas neste tipo de movimento.

No modelo, a bola é largada de uma determinada altura, adquirindo, apenas, movimento de translação no eixo vertical, sendo desprezável a resistência do ar. É apresentado o gráfico da posição em função do tempo para a bola que ressalta no chão e o valor de algumas grandezas físicas – altura, em relação ao nível de referência (solo), massa e coeficiente de restituição.

No separador Gráfico é possível analisar os gráficos correspondentes às variações de energia ocorridas em função do tempo.





Figura 34 – Captura de ecrã do software Modellus da atividade da tarefa 6.

Fonte: Adaptado da Casa das Ciências

#### Conteúdo inserido na janela Notas:

1. Começar por escolher um valor para a massa da bola e para o coeficiente de restituição no indicador de nível.  
(Considera-se desprezável a resistência do ar e que a bola não adquire movimento de rotação)
2. Fazer correr a animação.
3. Identificar a(s) força(s) a que a bola está sujeita durante o movimento de descida e subida.
4. Mover o ponto para medir a altura de queda e do respetivo ressalto para poder responder à questão: Existirá alguma relação entre a altura a que se deixa cair uma bola e a altura atingida no primeiro ressalto?
5. Visualizar os gráficos da energia mecânica, cinética e potencial gravítica, em função do tempo no separador "Gráfico". Interpretar.
6. Arrastar o indicador "Apresentação dos valores de altura" para visualizar os valores de altura.

#### Questões:

- a) Com base nos valores (das alturas) medidos construir um gráfico da altura do ressalto em função da altura de queda e traçar a reta que melhor se ajusta ao conjunto dos valores registados. Esta análise pode ser feita com recurso a uma calculadora gráfica.

- b) Determinar o valor do coeficiente de restituição ( $e$ ) da bola e comparar com o valor selecionado.
- c) Calcular a percentagem de energia dissipada, durante a colisão.
- d) Calcular o módulo da velocidade da bola a meia altura do primeiro ressalto.

## IV. PERCURSO PROFISSIONAL E AÇÕES DE FORMAÇÃO

### 1. Formação inicial e percurso profissional

#### 1.1. Introdução

É através da reflexão sobre a prática docente que o docente se autoavalia, se autocritica, se redescobre e se apercebe das suas forças e fragilidades. O ato de reflexão permite não só ao docente tornar-se mais competente e eficaz, como funciona como uma mais-valia para a organização escolar, na medida que o leva a “reinventar-se”, a procurar novas metodologias e a partilhar boas práticas.

A atividade docente engloba uma série de fatores que se envolvem e contribuem para que o desenvolvimento do ensino/ aprendizagem assuma um papel de relevância na função do professor. O seu perfil será tanto mais completo quanto mais presente estiverem as várias dimensões que orientam a sua prática: dimensão profissional, social e ética; desenvolvimento do ensino e de aprendizagem; participação na Escola e relação com a comunidade educativa; desenvolvimento e formação profissional ao longo da vida.

O início de carreira de um docente não é nada fácil. Num ápice deixa-se de ser aluno e passa-se a ser docente, responsável por várias turmas, algumas delas com problemas de indisciplina, por selecionar material didático adequado, transmitir conhecimentos, transmitir valores.

O docente prepara as suas aulas, ensina e explica os conteúdos, supervisiona os exercícios e as tarefas dos alunos e avalia os resultados; mas também modela e influencia comportamentos, ensinando os seus alunos a terem consciência dos seus direitos e dos seus deveres, a adotarem formas de convívio social, normas e valores.

Em suma, rapidamente se concilia a transmissão de conhecimentos com a transmissão de valores, o estabelecimento de regras, a imposição da disciplina, sendo todos estes fundamentais na solidificação de uma boa relação pedagógica.

O desenvolvimento da minha atividade, ao longo destes anos, pautou-se sempre pelo esforço contínuo para a progressão nas vertentes referidas. Os desafios colocados, enquanto

docente, durante estes anos letivos, foram assumidos com abertura, seriedade e permanente atualização das regras/leis implicadas.

No início de cada ano letivo procuro sempre delinear estratégias promotoras do desempenho com máximo rigor e competência, quer nas funções para as quais sou nomeada quer nas funções inerentes ao serviço letivo e não letivo que me seja atribuído, dando o meu contributo para o alcance das metas definidas no Projeto Educativo e para a concretização do Plano Anual de Atividades.

Assim é sempre meu propósito: garantir a lecionação de todas as aulas previstas; adotar estratégias/práticas educativas adequadas às dificuldades diagnosticadas e ao desenvolvimento, por parte dos alunos, das competências previstas nos currículos; estabelecer uma boa relação profissional com os membros da comunidade educativa e realizar trabalho colaborativo para maximizar o desempenho; manter o meu conhecimento profissional atualizado; dinamizar e participar em atividades e projetos que proporcionem aos alunos diferentes aprendizagens e que se revelem importantes para a sua formação integral.

Neste capítulo, descrevo o meu percurso profissional desde o início da carreira até à atualidade.

## **1.2. Descrição da atividade docente**

No âmbito da Licenciatura em Ensino de Física e Química da Universidade do Minho, realizei o estágio pedagógico no ano letivo 1996/1997 na Escola EB 2,3 de S. Torcato, concelho de Guimarães, como Professora Estagiária Contratada do 4º Grupo A. O apoio e colaboração dos orientadores e de alguns dos docentes mais experientes da escola foi frutífero na superação das dificuldades iniciais como docente e na preparação das atividades curriculares.

No decurso da minha vida profissional exerci funções em cinco escolas do concelho de Guimarães:

- EB 2,3 de Pevidém (95/96);
- EB 2,3 Egas Moniz (97/98,98/99, 00/01,01/02);
- EB 2,3 Montelongo, (99/00);

- EB 2,3 João de Meira, (02/03);
- Secundária Francisco de Holanda (03/04 a 15/16).

Nos vinte anos de serviço docente foi-me atribuída a lecionação dos currículos da disciplina de Física e Química dos ensinos básico e secundário de todos os anos de escolaridade bem como alguns dos currículos do ensino profissional. Também lecionei a disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química e as áreas curriculares não disciplinares Estudo Acompanhado e Formação Cívica. A missão de professora corretora/classificadora de provas nacionais de exame da disciplina de Química e de Física e Química A respetivamente do 12º e 11º ano de escolaridade, também já me foi atribuída.

Ao longo destes anos da minha lecionação mantive sempre uma atitude empenhada e responsável por forma a assegurar a lecionação das aulas previstas e procurei valorizar um ensino orientado para a Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

Durante este tempo de serviço desempenhei sempre as funções para as quais fui nomeada por forma a contribuir para o alcance dos objetivos estabelecidos pelos documentos orientadores das escolas. No meu percurso profissional desempenhei os seguintes cargos:

- Diretora de Turma, que é determinante na administração das relações entre a escola, professores, alunos e encarregados de educação;
- Delegada de grupo e Subcoordenadora do grupo 510, responsável pela gestão das atividades do grupo e da sua ligação com as diversas estruturas da escola;
- Diretora de Instalações do Grupo 510 (Física e Química), responsável pela gestão do material e dos laboratórios da escola.
- Orientadora de Estágio do Ramo Educacional do Núcleo de Física e Química, da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (anexo 1) – professor que acompanha, com maior proximidade, os trabalhos dos estagiários ao longo do seu estágio pedagógico.

Como orientadora fui responsável pelas turmas onde os professores em formação lecionavam as suas aulas, acompanhei as práticas letivas, dinamizei reuniões semanais de cariz pedagógico-didático, promovi a integração dos estagiários nas atividades escolares, orientei e apoiei as atividades desenvolvidas pelos estagiários com vista à sua integração e interação com o meio educativo em que estavam inseridos, proporcionei aos estagiários a assistência às

minhas aulas, assisti às aulas dos estagiários e participavam na sua avaliação. A minha pretensão sempre visou uma supervisão pedagógica que conduzisse não apenas a um desenvolvimento profissional mas também a um desenvolvimento pessoal do professor em formação.

Além destes cargos exerci funções no Secretariado de Exames Nacionais, função de grande responsabilidade e cuja incumbência é garantir o correto funcionamento de todo o serviço de exames nacionais na escola.

Realizei, sempre que possível ações de formação contínua e desenvolvimento e enriquecimento pessoal na área disciplinar que leciono.

### 1.3. Apresentação e discussão de projetos desenvolvidos e competências adquiridas.

- Projeto “Cientistas Procuram-se”

O projeto, decorreu no ano letivo 1998/1999, foi desenvolvido na Escola EB 2,3 Egas Moniz e tinha como objetivos fomentar a prática do método científico e incentivar o gosto pelo estudo das ciências. O projeto consistiu em dois módulos, um de Química intitulado “Análise Química da água” e um de Física intitulado “Construção de uma Mini-Central Hidroelétrica” (figura 35).





Figura 35 – Alunos em atividade do projeto.

Elaborei a candidatura e coordenei, juntamente com outra colega, a sua execução ao nível da concretização junto do público-alvo, e ao nível da execução fiscal. Foram estabelecidas metas e planeadas as atividades de forma a envolver ativamente os alunos – em todas as atividades foi feita uma previsão através de questões orientadas (escritas ou de forma oral), confrontada, posteriormente com os registos efetuados (questões de resposta curta e/ou desenhos das observações), resultando na interpretação científica (adaptada ao nível etário) do fenómeno em causa.

A aceitação do projeto foi muito boa pois permitiu aos alunos a exploração de conceitos apreendidos, a aquisição de algumas competências importantes para o trabalho em grupo, o contacto com equipamentos científicos, e o despertar da curiosidade científica.

- **Atividade “Hallowe’en Day”**

Convidada a participar na animação desta atividade, da responsabilidade do Departamento de Línguas Estrangeiras, no ano letivo 1998/1999, da Escola EB 2,3 Egas Moniz, coordenei, juntamente com outra colega, a execução e seleção dos vários ensaios químicos, improvisei alguns materiais e para contextualizar as demonstrações, elaborei um texto de acompanhamento.

Pretendeu-se, com esta participação, criar uma atmosfera propícia aos festejos, desmistificar os conceitos de feitiçaria e de artes mágicas, criar uma ocasião de participação ativa dos alunos e despertar a curiosidade dos alunos em relação aos fenómenos químicos. (figura 36).



Figura 36 – Hallowe'en Day.

- Concurso “O Sabichão”

Como forma de assinalar o Dia do Estudante (24 de Março de 2001), o Grupo de Física e Química, da Escola EB 2,3 Egas Moniz, propôs, com a colaboração de todos os demais Grupos Disciplinares, a realização de um Concurso intitulado “O Sabichão”.

Esta atividade teve como objetivos criar uma ocasião de convívio entre alunos, professores e funcionários, numa atmosfera de cooperação, respeito e tolerância, promover a interdisciplinaridade e estimular a aquisição do saber, numa perspetiva globalizante (figura 37).

Os objetivos propostos foram atingidos de forma muito satisfatória e foi bem aceite por toda a comunidade escolar.



Figura 37 – Concurso “O Sabichão”



- Clube de Ciências

Este projeto decorreu no ano letivo 2000/2001, na Escola EB 2,3 Egas Moniz, e surgiu com a necessidade de alimentar a curiosidade científica de alguns alunos fornecendo uma ocupação útil dos seus tempos livres, e, simultaneamente, tentar desmistificar a ideia de que a física e a química são ciências complexas e de estudo difícil, sem aplicabilidade prática ou com aplicabilidade apenas ao alcance dos cientistas que criam os aparelhos tecnológicos que usamos diariamente.

Coordenei, juntamente com outra colega, o projeto e foi desenvolvido tendo privilegiado o trabalho de grupo na realização de experiências simples sobre temas relacionados com a física e a química, de forma a envolver ativamente os alunos do 3º ciclo (figura 38).

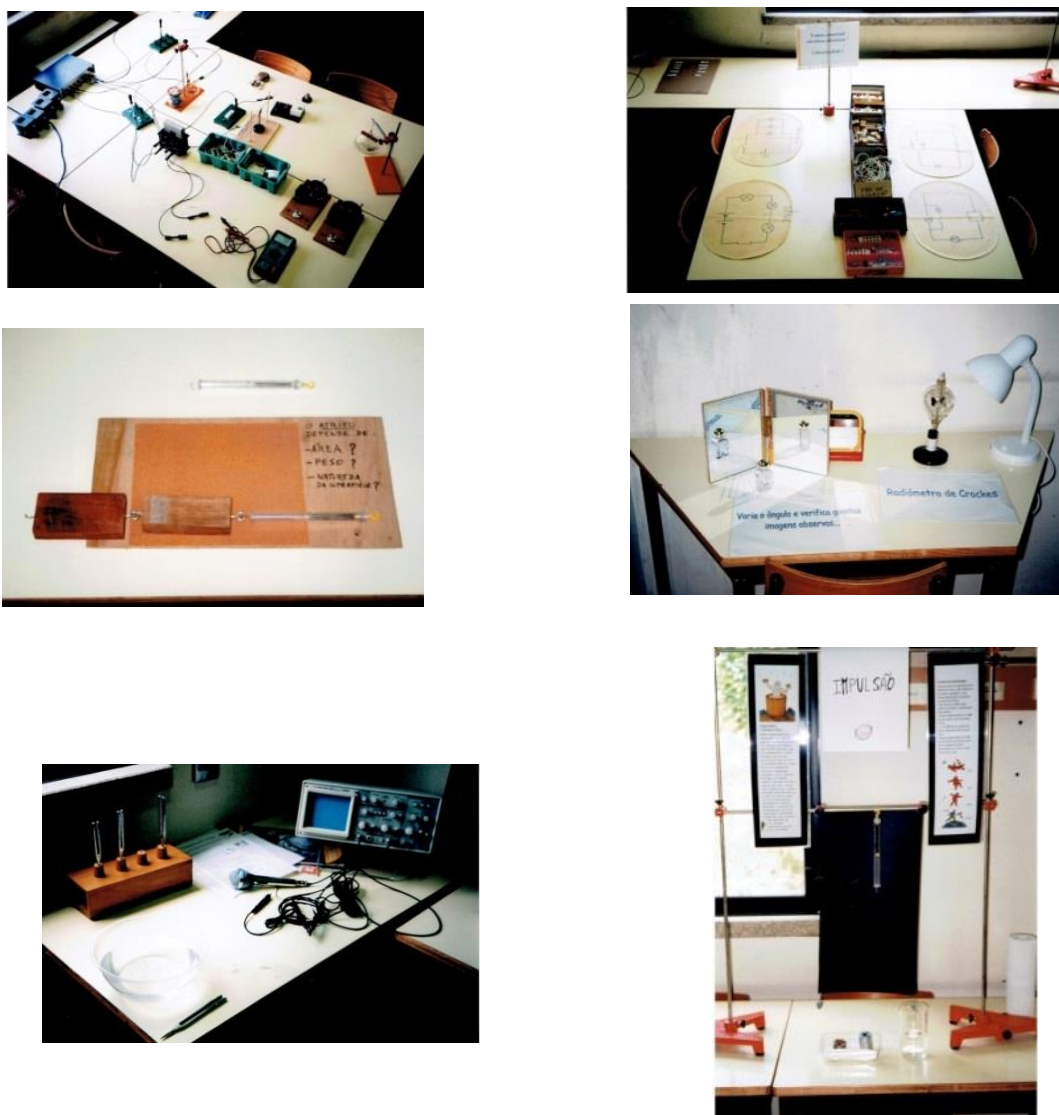


Figura 38 – Algumas atividades exploradas no clube de ciência.

- **Palestra/Debate subordinada ao tema “Escola Inclusiva? Sociedade Inclusiva?”**

Esta palestra decorreu em Março de 2009, na Escola Secundária Francisco de Holanda, e sendo a “Escola Inclusiva” o tema aglutinador da Semana Aberta e sendo a inclusão um problema de toda a comunidade educativa, pareceu-me de todo o interesse promover um espaço de reflexão e debate sobre o tema. A palestra foi proferida pelo Doutor Carlos Gomes, professor do Departamento de Sociologia da Educação e Administração Educacional do Instituto de Educação e Psicologia da Universidade do Minho. Também fizeram parte da mesa a, Vereadora da Cultura e Educação da Câmara Municipal de Guimarães; o Presidente da Associação de Pais da Escola Secundária Francisco de Holanda; o Presidente do Conselho Executivo da Escola Secundária Francisco de Holanda; a Psicóloga da Fraterna – Centro de Comunicação e Solidariedade Social (figura 39).

Foi planificada e organizada, em conjunto com uma colega do Departamento de Matemática, desde a seleção e convites aos oradores que proferiram a palestra à divulgação através cartazes expostos, na escola. A adesão da comunidade educativa foi grande e o espaço de reflexão e debate sobre o tema enriqueceu e ampliou conhecimentos, abriu apetências e desenvolveu valores.



Figura 39 – Painele de Oradores em “Escola Inclusiva? Sociedade Inclusiva?”.

- **Palestra subordinada ao tema “A Holografia”**

A palestra decorreu em Janeiro de 2009, coordenada pelos docentes do Departamento de Física e Química, da Escola Secundária Francisco de Holanda e, realizada no pequeno auditório

do Centro Cultural Vila Flor. O orador foi o Professor da Universidade de Coimbra, Dr. João Gil (figura 40).

A iniciativa destinou-se aos alunos do ensino secundário, e, incentivou o interesse e curiosidade pelo tema, existindo no final da palestra uma reflexão conjunta entre professora e alunos discutindo os conhecimentos transmitidos pelo orador e apreendidos pelos alunos. Esta Palestra foi bastante frutífera na medida em que os alunos sentiram-se muito motivados de forma a acompanhar, no futuro, o desenvolvimento científico e tecnológico.



Figura 40 – Imagem do início da atividade.

- **Projeto “Química na Cidade”**

Os alunos da escola Secundária Francisco de Holanda e o grupo disciplinar de Física e Química associaram-se às comemorações do Ano Internacional da Química através da realização da atividade “Química na Cidade”, no Museu Alberto Sampaio, no ano de 2011, no último sábado de cada mês (figura 41).

A iniciativa destinou-se ao público em geral e ofereceu uma vasta gama de experiências e atividades mostrando que a Química está presente na nossa vida diária, podendo ser compreendida por todos de forma simples e acessível.

Reforçar a atuação da escola como verdadeiro espaço cultural, informativo e formativo foram as razões da adesão à iniciativa. Coordenei esta atividade, em conjunto com os meus colegas de grupo, permitindo aos alunos, diretamente envolvidos, desenvolver capacidades

essenciais no seu processo de ensino-aprendizagem e na otimização das capacidades exigidas no perfil do seu desempenho de cariz laboratorial (anexo 2)<sup>3</sup>.



Figura 41 - Atividades em “Química na Cidade”.

- **Atividade “Show de Física”**

Esta atividade decorreu em Março de 2015, na Escola Secundária Francisco de Holanda, e sendo 2015 o ano Internacional da Luz, no “show” tiveram particular destaque experiências relativas à luz.

Atividade planificada pelos docentes do grupo de Física e Química e promovida por dois professores da Universidade de Aveiro, António Fernandes e Nuno Ferreira, ambos do Departamento de Física, que exploraram de forma simples e interativa, experiências de ótica, mecânica, termodinâmica e eletromagnetismo (figura 42).

Pelo entusiasmo demonstrado pelos alunos, ao longo do espetáculo, podemos concluir que a atividade atingiu plenamente os objetivos de incentivar o gosto pela Física, bem como desenvolver conhecimentos de certos conteúdos abordados na Física.



<sup>3</sup> Mais informação: [www.wix.com/subdepartamentofq/quimicanacidade](http://www.wix.com/subdepartamentofq/quimicanacidade)



Figura 42 – Atividades "Show de Física".

- **Semana Aberta "Laboratórios Abertos" (2006/2007 a 2015/2016)**

Esta atividade, realizada em todas as escolas onde lecionei, desde o ano letivo de 2006/2007 a 2015/2016, é destinada ao público em geral e é um projeto de divulgação científica destinado à comunidade em que se insere oferecendo uma vasta gama de experiências e atividades mostrando que a Física e a Química pode ser compreendida por todos de forma acessível. A comunidade educativa é convidada a visitar a escola, e nos laboratórios questionam-se sobre alguns princípios das ciências Físico-Químicas a partir do contacto e interação com um conjunto de atividades científicas preparadas, manuseadas e explicadas pelos alunos de vários níveis de ensino. Coordenei em todas as escolas, este tipo de atividade, prestei assistência na execução e demonstração das atividades e, os alunos mostram as suas competências através de um conjunto de experiências devidamente documentadas e explicadas.

Este tipo de atividade, tem resultados muito satisfatórios, tendo contribuído para o desenvolvimento da criatividade, autonomia, responsabilização, capacidade argumentativa e espírito de entreajuda entre os intervenientes (figura 43).







Figura 43 – Laboratórios abertos.

- **Atividade “Ciência para Todos”**

Atividade interdisciplinar realizada em abril de 2015, na Escola EB 2,3 Egas Moniz, que consistiu na exploração de atividades laboratoriais/ experimentais/ práticas/ teatrais no âmbito das disciplinas envolvidas. As atividades foram concretizadas por alunos do 2.º e 3.º ciclos que voluntariamente se disponibilizaram para o efeito, sob orientação dos docentes.

Orientei os alunos, do 3º ciclo, para a elaboração de atividades experimentais, e com entusiasmo e muita dedicação, os alunos, mostram e explicam à comunidade escolar vários fenómenos físicos e químicos usando o equipamento de laboratório assim como equipamento construído pelos próprios (figura 44).

Para a divulgação da atividade foram elaborados cartazes publicitários, convites, rádio local, notícias em Guimarães digital<sup>4</sup> (anexo 3).

<sup>4</sup> Mais informação: <http://www.guimaraesdigital.com/noticias/55553/ciencia-para-todos-na-escola-eb-23-egas-moniz>



Figura 44 – Ciência para todos.

- Olimpíadas de Física (escalões A e B), Olimpíadas de Química e Olimpíadas de Química Júnior

As "Olimpíadas de Física" e as "Olimpíadas de Química" são concursos de resolução de problemas teóricos e práticos de Física e de Química, dirigidos aos estudantes do Ensino Básico e Secundário e organizados pela Sociedade Portuguesa de Física e pela Sociedade Portuguesa de Química (anexo 4).

No ano letivo de 2013/2014 uma equipa da Escola Secundária Francisco de Holanda participou na semifinal das "Olimpíadas de Química Mais" e outra equipa participou na semifinal das "Olimpíadas de Física escalão B", tendo uma das equipas obtido o 1º lugar e passado à fase Final Nacional que se realizaram na Universidade de Aveiro (figura 45).



Figura 45 – Participantes na "Olimpíadas de Química".

No ano letivo de 2015/2016, uma equipa do Agrupamento Francisco de Holanda participou nas “Olimpíadas de Química Júnior”, na Universidade de Vila Real (UTAD) e outra, nas “Olimpíadas de Física escalão A”, na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto - os alunos não arrecadaram qualquer prémio mas a participação, mereceu os melhores elogios por parte dos representantes da organização (figura 46).



Figura 46 – Participantes nas "Olimpíadas de Química Júnior" e nas "Olimpíadas de Física escalão A".

- **Atividade “A água dos Polos”**

A atividade “A água dos Polos” (Kit do Mar) decorreu em janeiro de 2016, no Agrupamento Francisco de Holanda, e, insere-se na área curricular de Estudo do Meio e os destinatários foram turmas do 1º Ciclo.

Fui Coordenadora das atividades experimentais, planifiquei os temas a serem abordados e selecionei os materiais de acordo com as atividades escolhidas. Durante a realização das experiências promovi um ambiente onde as crianças pudessem apreciar a ciência, procurando respostas e explicações para fenómenos do dia a dia, que despertassem a curiosidade desenvolvendo a capacidade de pensar cientificamente, incluindo um pensamento de forma crítica e criativa (figura 47).





Figura 47 – Água dos Polos.

- **Concurso "Mostra O Que Sabes"**

A atividade envolveu alunos do 2º e do 3º ciclos do Agrupamento e foi realizada em maio de 2016 no Auditório da Universidade do Minho-Azurém, Guimarães. A atividade conjugou duas vertentes, um concurso em que os alunos puderam mostrar os seus conhecimentos nas diversas áreas disciplinares (10 temas/áreas diferentes) e vários momentos culturais (canto, dança, instrumental, declamação, representação, ...) em que os alunos revelaram as suas aptidões, dotes artísticos e capacidade de comunicação (figura 48).

Coordenei e participei na atividade e para a divulgação do “concurso” foram elaborados cartazes publicitários e notícias – facebook do Agrupamento de escolas, jornal e rádio local<sup>5</sup> (anexo 5).

---

<sup>5</sup> Mais informação: [http://egasmoniz.wikijournal.com/Artigo.asp?id=14035&d=atividade\\_mostra\\_o\\_que\\_sabes](http://egasmoniz.wikijournal.com/Artigo.asp?id=14035&d=atividade_mostra_o_que_sabes);

<https://www.facebook.com/AgrupamentoDeEscolasFranciscoDeHollandia>; <http://www.guimaraesdigital.com/noticias/64242/eb-2-3-egas-moniz-promove-concurso-mostra-o-que-sabes>

Esta atividade foi bem recebida pela comunidade escolar tendo contribuído para a divulgação da ciência e outras áreas de estudo, para fomentar os conhecimentos e aproximar a comunidade da escola, e dentro das famílias, para estimular vínculos e compromissos com o processo de aprendizagem.



Figura 48 – Concurso “Mostra o que sabes”.

#### 1.4. Organização de Visitas de Estudo

As visitas de estudo são, em princípio, projetadas no início do ano letivo, sendo incluídas no plano anual de atividades e pretendem motivar, despertar o interesse, efetuar a interligação entre os conteúdos lecionados e o quotidiano e mostrar a aplicabilidade e o contributo da Ciência na nossa vida. A componente lúdica que envolve a saída proporciona o fortalecimento de relações e também é necessária a promoção da interligação entre teoria e prática e entre disciplinas, em diferentes registos e no exterior. Organizo e/ou participo nas visitas de estudo, privilegiando sempre locais em que os alunos possam interagir com as atividades expostas de forma a sentirem que fazem parte do desenvolvimento do conhecimento e a sentirem que a ciência é um herança que tem de ser “agarrada” e sustentada com a contribuição de todos.

- **Visita de estudo a Paris**

Ciente de que, num mundo cada vez mais global, viajar é uma forma de propiciar aprendizagens diversificadas e duradouras, um grupo de professores da escola EB 2,3 Egas Moniz, em Junho de 1998, dinamizou uma visita de estudo a Paris e ao Parque Europeu da Imagem, em Poitiers.

Ao desenvolver este projeto, pretendeu-se proporcionar novas experiências aos alunos e vivências através das viagens e do contacto com outras realidades, promovendo a aceitação e o conhecimento de realidades sociais e culturais diferentes das suas e contribuindo para a compreensão e desenvolver nos alunos o espírito de equipa e sociabilidade, regras de convivência, sentido de responsabilidade, respeito pelos outros e autocontrolo (figura 49).



Figura 49 – Visita de estudo.

- **Visita de estudo à Fábrica de Saboaria e Perfumaria Confiança (Braga)**

Esta visita de estudo decorreu no ano letivo 1998/1999, na Escola EB2,3 Egas Moniz, e surgiu com a necessidade de os alunos visitarem uma instalação industrial, de preferência indústria química. Esta visita permitiu aos alunos compreender que esta indústria seguindo processos tradicionais e essencialmente manuais, os produtos são produzidos com matérias-primas seleccionadas e que a produção é feita desde a mistura e reação química dos ingredientes até ao embalamento final. Proporcionou uma abordagem estimulante e inovadora dos conteúdos programáticos, fora do contexto de sala de aula, aumentou a literacia científica dos alunos e promoveu competências a nível de curiosidade científica (figura 50).

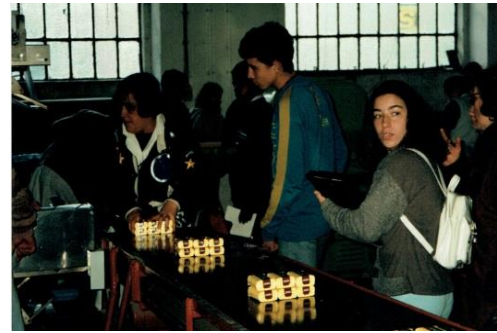


Figura 50 – Fábrica Confiança.

- **Visita de estudo à figueira da Foz: Interatividades 2000 – VI Amostra de Ciência e Tecnologia**

Os alunos do 9º ano de escolaridade, da Escola EB 2,3 de Montelongo, realizaram esta visita de estudo, em dezembro de 1999, à Figueira da Foz, onde puderam visitar diversos pavilhões (anexo 6).

A visita revelou-se de grande interesse interdisciplinar pois foi de encontro às matérias lecionadas e abordou também temas no âmbito da cultura geral e das novas tecnologias de comunicação.

- **Visita de estudo ao Planetário – Porto**

No ano letivo de 1999/2000 os alunos do 8º ano de escolaridade, da Escola EB 2,3 de Montelongo, realizaram uma visita, ao Planetário, sendo o objetivo proporcionar uma “viagem” guiada através do Universo, desvendar os seus mistérios, aprender a observá-lo como fazem os astrónomos e conhecer as técnicas de observação que permitem estudar a evolução e a estrutura do Universo (figura 51).



Figura 51 – Planetário.

- **Visita de estudo ao Gerês**

No âmbito do Projeto Área-Escola “ Um dia em contacto com a natureza” e “Património natural e cultural” os alunos, da Escola EB 2,3 de Montelongo, realizaram uma visita ao Gerês, em junho de 2000.

A visita teve como principais objetivos contactar com a Natureza no sentido de uma maior e melhor consciencialização para os problemas que afetam o meio ambiente; sensibilizar os alunos para a preservação do património e estimular o convívio (figura 52).



Figura 52 – Alunos na visita de estudo.

- **Visita de estudo ao Museu Militar e Museu dos Transportes, no Porto**

Esta visita de estudo foi organizada pelos docentes de Física e Química e de História, para os alunos do 9º ano da Escola EB 2,3 Egas Moniz, em janeiro de 2002.

A visita proporcionou aos alunos uma abordagem estimulante e inovadora dos conteúdos programáticos, fora do contexto de sala de aula, clarificou os conteúdos lecionados no âmbito

das disciplinas envolvidas, aumentou a literacia científica dos alunos, contactaram diretamente com algumas máquinas de guerra da 1ª Guerra mundial, e desenvolveu uma visão integradora da Ciência, da Tecnologia, do Ambiente e da Sociedade (anexo 7).

- **Visita de estudo à Fábrica de produção de vidro Jasmim na Marinha Grande**

No âmbito dos conteúdos programáticos da disciplina era proposto fazer uma visita de estudo a uma instalação industrial, de preferência indústria química e pareceu-me de todo o interesse promover a visita à fábrica de produção de vidro Jasmim na Marinha Grande.

Esta visita de estudo, realizada em fevereiro de 2005, permitiu aos alunos, da Escola Secundária Francisco de Holanda, compreender as etapas principais do processo; observar uma unidade industrial em laboração; tomar consciência dos papéis dos diversos elementos da organização; reconhecer a importância de normas que garantam saúde e segurança no trabalho e direcionar a atenção para aspetos específicos dos seus planos curriculares.

- **Visita de estudo ao Passeio Geológico da Foz do Douro**

No ano letivo de 2008/ 2009, a visita foi para alunos do 11º ano, da Escola Secundária Francisco de Holanda, e foi orientada por uma monitora, do departamento de Geologia da FCUP.

Nesta atividade foi possível relembrar conceitos apreendidos, ao longo do 10º e 11º anos, aplicar e aprofundar conhecimentos e ampliar o gosto e interesse pelas disciplinas de Física e Química e de Geologia. Os alunos demonstraram grande envolvimento por todos os aspetos da atividade (figura 53).





Figura 53 – Atividades desenvolvidas na visita.

- **Visita de estudo às Grutas de Mira d'Aire (2004/2005 e 2010/2011)**

No âmbito dos conteúdos programáticos da disciplina os alunos, do 11º ano, da Escola Secundária Francisco de Holanda, visitaram as Grutas de Mira d' Aire. In loco, os alunos puderam compreender o papel das “chuvas ácidas” na formação das grutas e galerias subterrâneas e foi possível mostrar como se formam as estalactites e estalagmites, resultantes da precipitação do carbonato de cálcio – sendo clarificados/complementados e/ou aprofundados os conteúdos lecionados no âmbito da disciplina (figura 54).

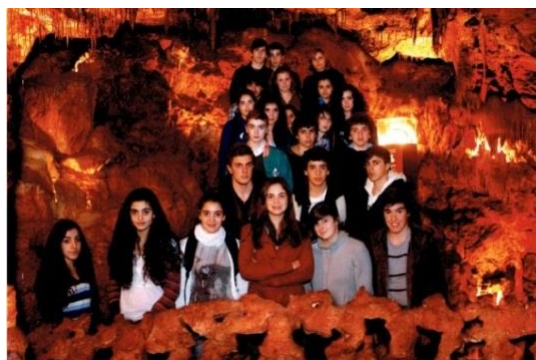


Figura 54 – Visita às Grutas de Mira d'Aire.

- **Visita de estudo ao Museu da Ciência da Universidade de Coimbra**

Esta visita decorreu em diferentes anos letivos (2010/ 2011 e 2014/2015), com alunos do 11º ano da Escola Secundária Francisco de Holanda. No “Laboratório Chimico” o monitor da visita demonstrou algumas atividades laboratoriais, na sessão “Ciência ao Vivo”, de seguida visitaram o Museu de Física e a exposição permanente “Segredos da Luz e da Matéria”.

Esta atividade proporcionou aos alunos uma abordagem estimulante e inovadora dos conteúdos programáticos, fora do contexto da sala de aula, o estabelecimento de contacto com agentes educativos e recursos existentes nesse estabelecimento de ensino superior, estimulou o espírito de observação, promoveu competências a nível de curiosidade científica bem como troca de conhecimentos interdisciplinares e, maior consciencialização para a forma como é “feita” a Ciência (figura 55).



“Segredos da Luz e da Matéria”



“Laboratório Chimico”



Museu da Física







Figura 55 – Visita ao Museu da Ciência da Universidade de Coimbra.

- **Visita de estudo à exposição itinerante “A Física no dia-a-dia”**

Os alunos do 11º ano, da Escola Secundária Francisco de Holanda, deslocaram-se à Escola EB 2,3/ Secundária Santos Simões, em Abril de 2012, para visitarem a exposição itinerante “A Física no dia-a-dia” - exposição baseada na obra homónima de Rómulo de Carvalho. As atividades oferecidas utilizaram materiais simples, proporcionando aos alunos uma abordagem estimulante e inovadora dos conteúdos programáticos, fora do contexto da sala de aula, estimulou o espírito de observação, promoveu competências a nível de curiosidade científica bem como troca de conhecimentos (figura 56).



Figura 56 – Visita “A Física no dia-a-dia”.

- **Visita aos laboratórios de Física da Escola de Ciências da Universidade do Minho**

Esta visita de estudo realizou-se em fevereiro de 2015 e procurou motivar os alunos do 11º ano, da Escola Secundária Francisco de Holanda, para os conteúdos curriculares sobre as ondas mecânicas e eletromagnéticas e permitir aos alunos manusear e ver a funcionar

equipamentos que não estão disponíveis nos nossos laboratórios, nomeadamente ao nível da nanotecnologia (figura 57).



Figura 57 – Alunos participam nas atividades da Escola de Ciências da Universidade do Minho.

- **Visita de estudo ao Centro Ciência Viva de Guimarães “Curtir Ciência”**

Os alunos do 10º ano dos cursos Profissionais, do Agrupamento de Escola Francisco de Holanda, visitaram o Centro de Ciência Viva, em março de 2016 - percorrendo os 17 módulos que constituem a exposição permanente.

Atividade interdisciplinar que consistiu na exploração de atividades experimentais/práticas simples no âmbito das disciplinas envolvidas. Teve como objetivos estimular o espírito de observação, promover competências a nível de curiosidade científica, permitir aos alunos manusear e ver a funcionar equipamentos que não estão disponíveis na nossa escola, nomeadamente ao nível da tecnologia (figura 58).

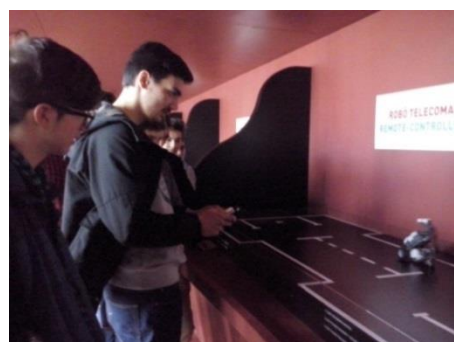


Figura 58 – Visita ao "Curtir Ciência".

## 2. Ações de Formação

De acordo com o Estatuto da Carreira Docente, os docentes devem atualizar os seus conhecimentos através da frequência de ações de formação creditadas por entidades oficiais, pois a formação contínua constitui um processo dinâmico de aquisição e de aperfeiçoamento de competências humanas, técnicas e científicas requeridas pelo exercício de uma profissão exigente e altamente qualificada.

Assim, no que diz respeito a ações de formação contínua e de desenvolvimento pessoal dou primazia às que ocorrem na área das disciplinas que leciono e nas áreas prioritárias definidas pela escola e promovidas pelo Ministério da Educação, disponibilizadas e financiadas pelo Centro de Formação.

Nos anos de 1998, 1999 e 2000, apesar de me ter inscrito nas ações de formação do plano de formação dos centros de formação da Associação de Escolas de Fafe, não fui selecionada para frequentar qualquer ação de formação programada. Nos anos de 2001 e 2002 estive inscrita no Centro de Formação Martins Sarmiento – Guimarães e desde de 2003 até ao momento estou inscrita no Centro de Formação Francisco de Holanda.

Ao longo dos anos, as ações de formação, que fui frequentando, contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional e influenciaram objetivamente a melhoria da minha prática docente – todas proporcionaram desenvolvimento de saberes e competências.

Neste sentido destaco algumas ações de formação frequentadas referindo a importância para o desempenho profissional.

- “Utilização do Excel nas Atividades Docentes” – atualizou conhecimentos dentro deste recurso, com especial destaque no desenvolvimento de um meio fiável de avaliação com inclusão de todos os critérios específicos das disciplinas (anexo 8);
- “Trabalho prático na perspetiva dos novos programas de Física e Química A – uma abordagem ao 11º ano” – permitiu a exploração das atividades práticas da componente de Física, suas limitações e formas de contornar os constrangimentos que advêm da falta de algum material de laboratório (anexo 9);
- “O uso das calculadoras gráficas nas aulas de Física e Química” – contribuiu para o aperfeiçoamento das competências científicas, técnicas e didáticas necessárias à

implementação de atividades experimentais, enquadradas nos novos programas da Física e Química do ensino secundário (anexo 10);

- “Promover e renovar o ensino experimental da Física e da Química” - possibilitou a análise das atividades práticas/laboratoriais mais relevantes nos vários níveis de ensino, contribuindo para um melhoramento na abordagem das atividades e da sua importância para a construção do conhecimento científico (anexo 11);
- “Medição e grafismo no ensino experimental da Física e da Química” - possibilitou a implementação de estratégias de ensino em atividades com exploração dos conceitos verificados experimentalmente, com recurso a softwares de cariz científico (Audacity-win-1.3.5, Creative WaveStudio, LeChatII, MultiLab, PhET Simulations), permitindo adquirir novas competências no processo de ensino/ aprendizagem (anexo 12);
- “A prática da avaliação do desempenho docente” – contribuiu para o aperfeiçoamento na análise deste processo, desenvolvendo uma cultura de mútuo apoio profissional e capacidade de refletir sobre ações adoptadas e metas objetivadas e, também, justificar escolhas e argumentar práticas (anexo 13);
- “Eletroquímica - Energia, Corrosão e Ambiente” – foi proposto aos formandos a realização de um miniprojeto, no meu caso “Construção de uma bateria alumínio-ar” permitindo adquirir novas competências no processo de ensino/ aprendizagem (anexo 14);
- “Quadros Interativos Multimédia no Ensino/Aprendizagem das Ciências Experimentais” – permitiu a aquisição de competências ao nível da utilização e integração curricular dos quadros interativos, e pelo outro, refletir sobre os benefícios e limitações desta ferramenta, bem como discutir formas de promover o sucesso educativo (anexo 15);
- “Questões de Fiabilidade na classificação de respostas a itens de construção no contexto da avaliação externa das aprendizagens” – contribuiu para o aperfeiçoamento na análise das respostas, dadas pelos alunos em contexto de avaliação externa, a itens de construção de resposta curta e resposta restrita envolvendo a produção de um texto ou a realização de cálculos (anexo 16);
- “A exploração dos audiovisuais no processo da aprendizagem no ensino básico e secundário” – permitiu adquirir capacidades de exploração das potencialidades do programa CyberLink PowerDirector (anexo 17);

- “Avaliação: Funções e Práticas” – contribuiu para melhorar a eficácia no exercício destas funções, na medida em que ocorreu a análise e avaliação de algumas respostas dadas pelos alunos, num grupo de docentes com as mesmas funções (anexo 18);
- “Itens e critérios: definição, construção e aplicação” – permitiu uma clarificação dos diferentes tipos de itens avaliativos dos conhecimentos (de seleção e de construção) usados nos momentos de avaliação externa e forma de avaliação dos mesmos, com consequências satisfatórias na estratégia avaliativa usada nos momentos de avaliação formativa nos vários níveis de ensino, ao longo do ano letivo e refletindo-se num desempenho mais eficiente do papel de professor corretor (anexo 19);

De forma a atualizar os conhecimentos, tentei gerir esta necessidade, selecionando as ações que melhor pudessem ir de encontro com o apuro das técnicas e saberes, de forma a cumprir mais eficazmente as minhas funções de professora, ao nível de atividades letivas e não letivas.

Assim, indo de encontro a estas ideias apresento um conjunto de Ações de Formação não creditadas, que participei em diferentes anos letivos:

- Congresso subordinado ao tema “Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências” (anexo 20);
- Formação: “Desenvolvimento de Competência Social” (anexo 21);
- Formação: “Programa T3 Portugal” (anexo 22);
- Formação: “Dificuldades de Aprendizagem – Que respostas” (anexo 23);
- Formação: “A Gestão Curricular: Avaliar e Reformular” (anexo 24);
- Formação: “O professor promotor de saúde ... estratégias de intervenção na Escola” (anexo 25);
- Sessão sobre o tema: “Da Comunicação a longas distâncias à Física Moderna” (anexo 26);
- Conferência sobre: “Holografia” (anexo 27);
- Palestra sobre: “Escola Inclusiva? Sociedade Inclusiva?” (anexo 28);
- Formação: “Projeto Curricular de Turma” (anexo 29);
- Participei em diversos encontros de educação de apresentação de manuais escolares.

## V. CONCLUSÃO

A realização deste relatório contribuiu, do ponto de vista científico, para o meu crescimento pessoal e profissional e influenciou objetivamente a melhoria da minha prática docente, uma vez que para abordar o tema “Trabalho e Energia” foi necessário realizar um trabalho de pesquisa e consulta bibliográfica desenvolvido e a um nível mais aprofundado relativamente ao que normalmente efetuo para preparação das atividades letivas.

Sendo a Física e Química, Ciências privilegiadas pelo facto de terem um carácter prático e permitirem a aplicação de estratégias diversificadas, incentivam a interação, a discussão e o debate de ideias entre professor e alunos, conferindo assim um maior estímulo. Assim, pelo exposto creio poder referir que este relatório veio também melhorar continuamente as minhas práticas profissionais na medida em que atendendo a que cada aluno aprende de maneira diferente, no decurso das aulas procuro implementar diferentes materiais de trabalho, recorro aos recursos multimédia que permitem facilitar a aprendizagem de conceitos de complexidade acrescida com o intuito de potenciar um ensino da Física e da Química mais dinâmico, onde sobressaia a vontade dos alunos para o saber e para o saber fazer.

As atividades e projetos implementados, ao longo da carreira docente, constituíram uma mais-valia no percurso escolar do aluno, pois contribuíram para o respetivo processo de aprendizagem e promoveram o seu desenvolvimento enquanto cidadão crítico e ativo.

Este relatório veio, também, possibilitar uma reflexão plena sobre a experiência profissional ao longo da minha carreira, pois ao longo dos anos frequentei formações em áreas diferentes, que permitiram uma atualização de temas e práticas diversas refletindo-se na abordagem dos conteúdos e na forma como os avalio.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Carlos Fiolhais, Isabel Festas, Helena Damião, Programa de Física e Química A 10º e 11º anos, Ministério da Educação e Ciência, Departamento do Ensino Secundário, Portugal, 2013;
- [2] Alexandre Costa, Augusto Moisés, Francisco Caeiro, Ver +, Física e Química A, Física, 10.º Ano, 1.ª Edição, Plátano Editora, Lisboa, Portugal, 2007;
- [3] Benjamin Crowell, *Light and Matter*, Fullerton, California, 2015, Capítulos 11, 12 pag 313;
- [4] R. P. Feynman, R. B. Leighton e M. Sands, *The Feynman Lectures on Physics*, 2.ª Edição, Addison Wesley, 2005, capítulo 4, volume 1;
- [5] Agostinho Oliveira, Cacilda Moura, José Costa Leme, Luís Cunha, Paula Cristina Silva, Física 10, Física e Química A, 10º ano, 1ª Edição, Raiz Editora, Lisboa, Portugal, 2015.
- [6] David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker, Fundamentos de Física Volume 1: Mecânica, 8.ª Edição, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., Rio de Janeiro, Brasil, 2008, Capítulos 7 e 8;
- [7] Marcelo Alonso, Edward J. Finn, Física, 1.ª Edição, Editora Addison-Wesley, Lisboa, Portugal, 1972, Capítulos 3, 4, 8, 9 e 10;
- [8] PROJETO FÍSICA - Unidade 3 - O Triunfo da Mecânica - Texto manual de experiências e Atividades - Fundação Calouste Gulbenkian, junho de 1980, Capítulo 10.
- [9] Weinberg, Steven, Explicar o mundo - A História da Ciência da Antiguidade à Era Moderna, 1ª edição, Marcador Editora, Barcarena, 2015, páginas 241 a 282.
- [10] Hodson, D, Hacia un enfoque más crítico del trabajo de la laboratório. Enseñanza de las Ciencias, v. 12, n 3, p. 299-313, 1994, disponível em <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21370/93326>.
- [11] Cury, Augusto, Pais brilhantes, professores fascinantes – Como formar jovens felizes e inteligentes, 1ª edição, Editora Pergaminho, Lda., 2004, parte II a V.
- [12] [http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?option=com\\_content&task=view&id=202&Itemid=367](http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?option=com_content&task=view&id=202&Itemid=367)
- [14] <http://www.geocities.ws/saladefisica9/biografias/joule.html>

## APÊNDICES



## Apêndice 1

### Guião de utilização do *software* Modellus

O Modellus é um programa que permite a modelação matemática de sistemas físicos e a simulação de fenómenos de Física. É de fácil utilização e pode ser instalado gratuitamente.

Neste trabalho é usado a versão 4.01 sobre o qual se faz uma breve apresentação do procedimento a adotar.

1. Para instalar o programa no computador pode aceder no seguinte endereço eletrónico:

<https://drive.google.com/drive/folders/0B9zwI1PxACYSQ1BrWGtKtU3RIczQ?tid=0B9zwI1PxACYSBmJwdFplRWZmZXc>

2. Para executar o programa faça duplo clique em



3. Quando entrar no programa aparece a página inicial do programa – uma janela é aberta, intitulada Modellus e nesta janela principal contém outras janelas, como mostra a figura.

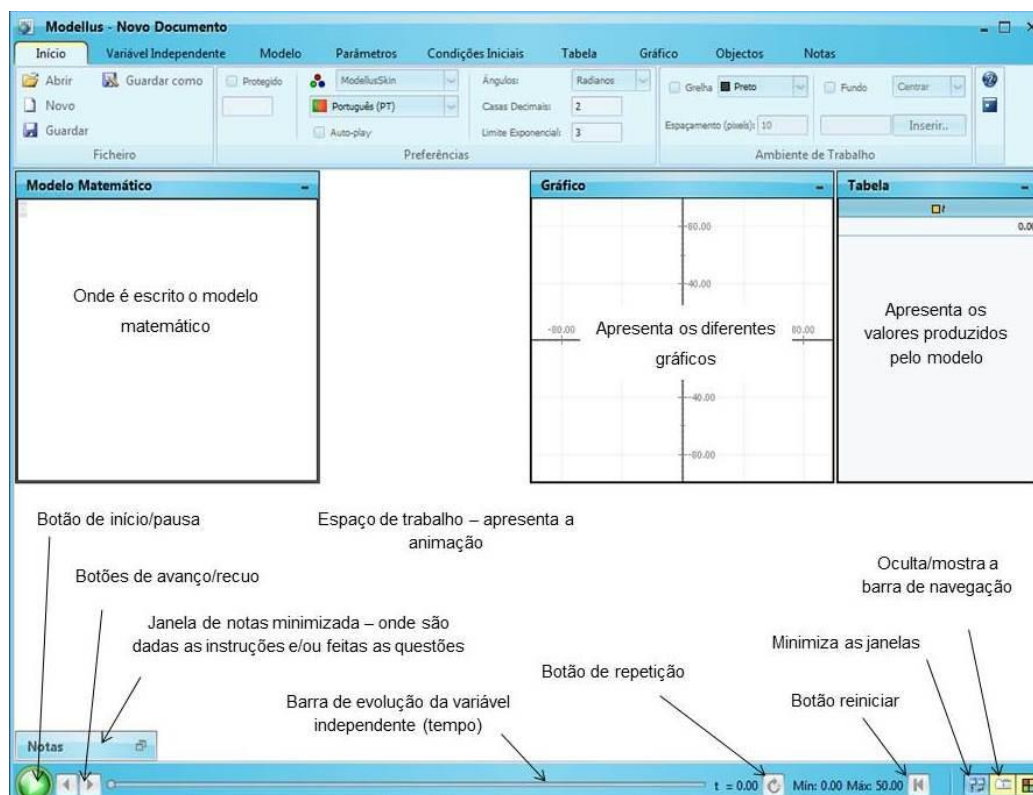


Figura – algumas características da interface do Modellus (versão 4.01)

## ANEXOS

**Anexo1** - Documento referente à função de Orientadora de Estágio do Ramo Educacional do Núcleo de Física e Química, na Faculdade de Ciências do Porto



Agrupamento de Escolas  
Egas Moniz - 151014

**DECLARAÇÃO**

-----*Bernardina Maria dos Santos Cardoso*, Diretora do Agrupamento de Escolas Egas Moniz – Guimarães, declara para os devidos efeitos que a Professora *Ana Isabel Campos Oliveira da Silva*, exerceu as funções de Orientadora de Estágio do Ramo Educacional do Núcleo de Física e Química, neste Agrupamento, no período de 01/09/2001 a 17/02/2002, não sendo possível a sua continuidade em virtude de entrar em licença de maternidade. -----

-----Por ser verdade e ter sido pedida mandei passar a presente declaração que assino e vai autenticada com o selo branco em uso neste Agrupamento. -----

Agrupamento de Escolas Egas Moniz, Guimarães, 2012 dezembro 11.

A Diretora,



(Bernardina Maria Santos Cardoso)

Anexo2 – Notícia sobre a atividade “Química na Cidade na internet.



## Ano Internacional da Química comemorado amanhã no “berço de Portugal”

Experiências divertidas e esclarecedoras vão decorrer no centro de Guimarães

2011-01-28

Por Carla Sofia Flores



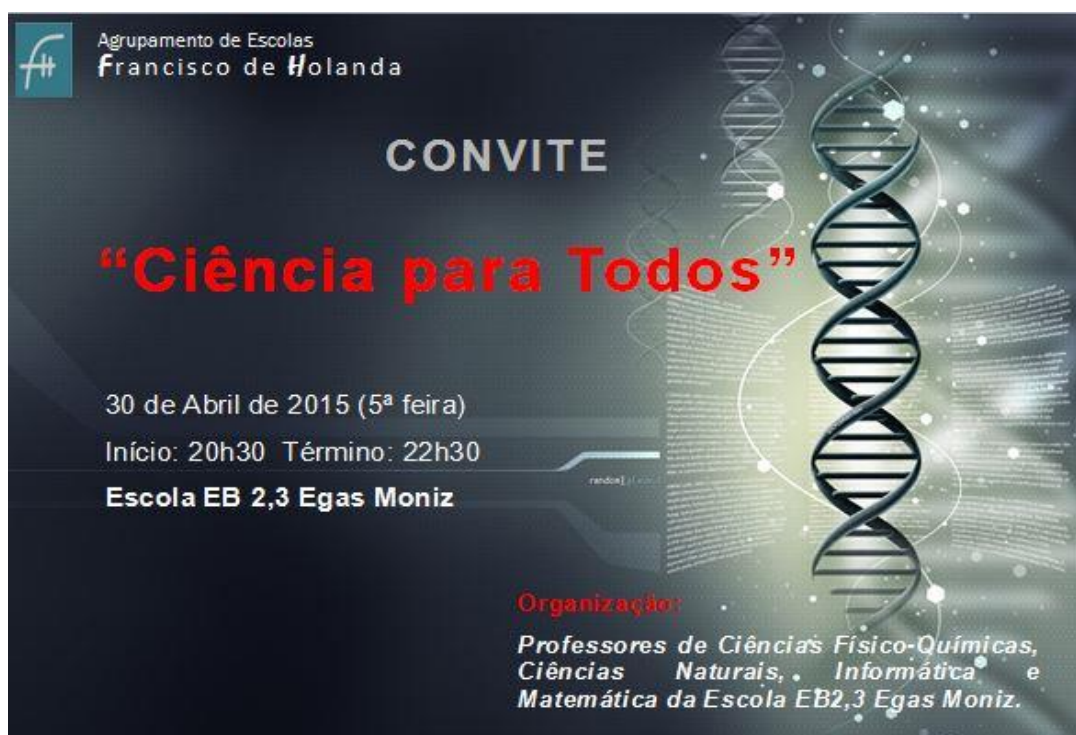
Guimarães pretende tornar visível a presença da ciência no dia-a-dia, juntando-se assim, a partir de amanhã, às comemorações do Ano Internacional da Química (AIQ).

A iniciativa “Química na Cidade”, a realizar nas manhãs do último sábado de cada mês, nos claustros do Museu Alberto Sampaio, vai oferecer uma vasta gama de experiências e actividades de entretenimento que podem agradar a pessoas de todas as idades.

Desde a concepção de gelo instantâneo, à apresentação de curiosidades (como a existência de líquidos que não molham)

com a devida explicação química e de pequenos filmes efectuados pelos alunos da Escola Secundária Francisco de Holanda, passando por pequenas sessões de esclarecimento, são várias as actividades planeadas.

Anexo 3 – Convite enviado às entidades locais e de uma notícia sobre a atividade “Química na Cidade” na internet.



## «CIÊNCIA PARA TODOS» ESTA NOITE NA EB 2, 3 EGAS MONIZ

**EDUCAÇÃO** 30 DE ABRIL, 2015 08:38

Professores da Escola EB2.3 Egas Moniz, da área de Ciências Naturais, Físico-Química, Informática e Matemática promovem esta quinta-feira uma actividade intitulada «Ciências para Todos».

Trata-se de uma actividade que pretende despertar o interesse pela ciência, incentivar a partilha de saberes, estimular o espírito de iniciativa e autonomia nos participantes e sobretudo fazer com que os alunos apliquem os conhecimentos adquiridos nas diferentes áreas curriculares.

A actividade «Ciência para Todos» terá lugar na Escola EB2.3 Egas Moniz, com início às 20h30, terminando às 22h30.

[Gosto](#) [Partilhar](#) Sé o/a primeiro/a entre os teus amigos a gostar disto.

[f](#) [g](#) [e](#) [s](#) [t](#) [p](#) [0](#)

**RÁDIO SANTIAGO EM DIRETO**

NO AR: BARCO ANCORADO  
00H00: CAFÉ SANTIAGO  
02H00: MADRUGADAS

EMIÇÃO EM DIRETO

**FARMÁCIAS DE SERVIÇO**

**GUIMARÃES**  
Farmácia Barbosa (Permanente)  
Largo do Toural, 37

**VIZELA**  
Farmácia Ferreira (Disponibilidade)  
Avenida Abade de Tagilde, Nº 901

**AS NOSSAS PUBLICAÇÕES**





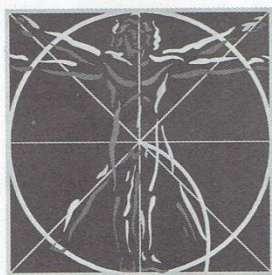
## Anexo5 – Divulgação, do concurso “Mostra o que Sabes”, no facebook do Agrupamento de Escolas Francisco de Holanda e Guimarães TV.



**Anexo 6 – Notícia publicada no jornal escolar “O justiceiro”, sobre a visita de estudo à figueira da Foz: Interatividades 2000 – VI Amostra de Ciência e Tecnologia**

***La Dinamica d'ell Acqua***

Inserida no plano anual de actividades da disciplina de Ciências Físico-Químicas, os alunos do 9º ano de escolaridade realizaram uma visita de estudo, à Figueira da



Foz, no dia 6 de Dezembro de 1999, onde puderam assistir à VI Mostra de Ciência e Tecnologia, visitaram diversos pavilhões entre eles: Exposição Leonardo Da Vinci “La Dinamica D’Ell Acqua”; Astronomia e Físico-Química;

Ciências da terra, Ciências do Ambiente e Meteorologia.

A visita revelou-se de grande interesse interdisciplinar pois foi de encontro às matérias leccionadas e abordou também temas no âmbito da cultura geral e das novas tecnologias de comunicação.

Ainda integrada no plano anual de actividades da disciplina, os alunos dos 8º e 9º anos realizaram alguns trabalhos que se encontram expostos numa das vitrines desta escola, bem como curiosidades relacionadas com cada uma das matérias já leccionadas em ambos os anos de escolaridade na referida disciplina.

Aproveitamos este espaço informativo para divulgar a realização da Semana da Física e da Química, que decorrerá de 8 a 12 de Maio do corrente ano. Esta actividade, desenvolvida em conjunto com o grupo de Ciências da Natureza, irá ser aberta a toda a escola, bem como a toda a comunidade. Os visitantes poderão ver e realizar algumas experiências interessantes, sempre acompanhados da respectiva explicação dada pelos alunos intervenientes.

*Grupo Disciplinar de Físico-Química*

17



## Anexo 7 – Folheto informativo da visita de estudo ao Museu Militar e Museu dos Transportes, no Porto.



Escola E.B. 2,3 Egas Moniz

### Visita de Estudo:

Museu Militar  
e  
Museu dos Transportes  
e Comunicações

História  
e  
Ciências Físico-Químicas

2001 / 2002



O Automóvel no Espaço e no Tempo é o título de uma exposição permanente, ali instalada, sobre a evolução do automóvel e o seu impacto nas sociedades do século XX. Esta exposição transporta-nos para história do automóvel e para o espaço "garagem" onde a preciosa e paciente colaboração de uma mecânica nos ajuda a conhecer o automóvel por dentro e por fora e até a mudar um pneu!

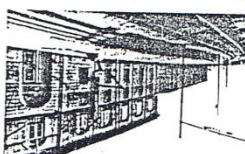
Entre os 27 veículos expostos, destaca-se um Panhard & Levassor, o primeiro carro a entrar no nosso país, em 1895. Encontrado pelo IV Conde de Avilez, após uma visita a Paris, o veículo foi também o protagonista do primeiro acidente de viação em Portugal quando, logo na viagem inaugural entre Lisboa e Santiago do Cacém, atropelou um burro.



Panhard & Levassor

O Edifício da Alfândega Nova do Porto, agora renovado e a sede do Museu de Transportes e Comunicações. Este edifício é um exemplo de arquitectura civil pública, de características neoclássicas. Reconstituído no séc. XIX pelo arquitecto Jean Colson, as obras de restauro e conservação, realizadas pela autarquia em 1993, estiveram a cargo de Eduardo Souto Moura.

### Museu dos Transportes e Comunicações



O Museu Militar do Porto possui colecções de armamento ligeiro, equipamentos, uniformes e artilharia pesada, abrangendo um período do séc. XVI a meados do séc. XX. De particular interesse é a colecção de miniaturas de soldadinhos que aborda a evolução do guerreiro desde a antiguidade até à época contemporânea.

Rua do Heroísmo, 329  
4300-259 PORTO



**Anexo 8-** Certificado de frequência do curso de formação: “Utilização do Excel nas Atividades Docentes”, nos meses de março e abril de 2002.



*Centro de Formação Martins Sarmiento*  
*Escola Secundária Martins Sarmiento*



UNião Europeia  
Fundo Social Europeu



## CERTIFICADO

O CENTRO DE FORMAÇÃO MARTINS SARMENTO, nos termos do art.º 13.º do Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores, certifica que a Senhora Professora do 3.º Ciclo/Sec. / Grupo - 15, **ANA ISABEL CAMPOS OLIVEIRA DA SILVA**, portadora do Bilhete de Identidade N.º 9197932, a exercer funções na Escola EB - 2/3 Egas Moniz, frequentou e obteve aproveitamento na acção de formação “**UTILIZAÇÃO DO EXCEL NAS ACTIVIDADES DOCENTES**” (66/CFMS), ministrada por este Centro de Formação, no âmbito do programa FOCO (Co-financiado pelo Estado Português e Fundo Social Europeu), na modalidade de Curso de Formação.

Mais certifica que a referida acção teve uma duração total de 25 horas, decorreu entre 18-03-2002 e 29-04-2002, foi orientada pelo Dr. Carlos Guilherme de Lemos Santos, e nos termos e para os efeitos previstos no art.º 14.º do mesmo Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores concedeu **1 (um) crédito** à referida Senhora Professora.

Guimarães, 27 de Maio de 2002

O Director do Centro de Formação  
  
(Carlos Guilherme de Lemos Santos)





Anexo 9 - Certificado de frequência do curso de formação: “Trabalho prático na perspetiva dos novos programas de Física e Química A – uma abordagem ao 11º ano”, em setembro de 2003.

**CFBC**

**Centro de Formação Bráulio Caldas**  
**Caldas de Vizela**

# Certificado

O Centro de Formação Bráulio Caldas, nos termos do art.º 13.º do Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores, certifica que a professora do 3º Ciclo/Secundário, do grupo 15, FÍSICA E QUÍMICA [4ºA], ANA ISABEL CAMPOS OLIVEIRA DA SILVA, portadora do Bilhete de Identidade nº 09197352, a exercer funções na Escola Secundária Francisco de Holanda - Guimarães, frequentou e obteve aproveitamento na acção de formação **TRABALHO PRÁTICO NA PERSPECTIVA DOS NOVOS PROGRAMAS DE FÍSICA E QUÍMICA - UMA ABORDAGEM AO 11º ANO** (CCPFC/ACC-34492/04), promovida por este Centro de Formação, na modalidade de Curso de Formação.

Mais certifica que a referida acção teve uma duração de 45 horas, decorreu entre 09-09-2004 e 22-09-2004, foi orientada pelo formador LUIS LEHMANN VELOSO DE ARAÚJO e, nos termos e para efeitos previstos no art.º 14.º do mesmo Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores, concedeu **1,8 (um, oito) créditos** à referida professora.


Caldas de Vizela, 12 de Outubro de 2004

O Director do Centro de Formação

(João Antero Gonçalves Ferreira)

Escola Secundária de Caldas de Vizela, R. Joaquim Costa Chicória, 4815-513 Caldas de Vizela  
Telf: 253480300 253 484350 Fax: 253587576 email: cfbc@mail.pt

**Anexo 10-** Certificado de frequência do curso de formação: “O uso das calculadoras gráficas nas aulas de Física e Química”, nos meses de março e abril de 2004.

 **MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
Centro de Formação de Francisco de Holanda

**Diploma**

**ESCOLA SEC. FRANCISCO HOLANDA**  
Está Conforme o Original  
de 27 de Abri de 2004  
Chefe de Serv. da Administração Escolar  
*Elvira Costa Sampaio*


*Jorge do Nascimento Pereira da Silva, director do Centro de Formação de Francisco de Holanda sediado na Escola Secundária de Francisco de Holanda, Alameda Dr. Alfredo Pimenta, em Guimarães, certifica que ANA ISABEL CAMPOS OLIVEIRA SILVA, residente em Rua Monsenhor António Araújo Costa, 29, RCI - C, 4810 GUIMARÃES, portadora do Bilhete de Identidade número 9197932 emitido pelo arquivo de identificação de Lisboa, 08/04/2003, participou na acção de formação subordinada ao tema O USO DAS CALCULADORAS GRÁFICAS NAS AULAS DE FÍSICA E QUÍMICA, organizada na modalidade de Curso de Formação, com a duração de 38 horas e foi aprovada.*


*A Acção decorreu entre 2004-03-01 e 2004-04-30, nas instalações da Escola Secundária Francisco de Holanda, sob a orientação do formador Fernando Manuel Machado Macedo, a que, nos termos do Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores, corresponde 1.5 (uma e cinco décimas) unidades de crédito.*

*Mais se certifica que a acção foi acreditada pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua sob o número de registo CCPFC/ACC-30531/03 e que, para os efeitos previstos no artigo 5º, número 2, do Decreto-Lei n.º 207/96 de 2 de Novembro (Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores), releva para efeitos de progressão na carreira de Professores de Professores dos Grupos 4.º A e 4.º B dos Ensinos Básico (3.º Ciclo) e Secundário.*


*Guimarães, 2004-05-07*

070162484

  
O DIRECTOR


 **prodep III**

**UNIÃO EUROPEIA**  
Fundo Social Europeu





**Anexo 11-** Certificado de frequência do curso de formação: “Promover e renovar o ensino experimental da Física e da Química”, nos meses de março e abril de 2005.

 **Ministério da Educação**

**ESCOLA SEC. FRANCISCO HOLANDA**  
Está Conforme o Original  
21 de Abril de 2010  
Chefe de Serv. da Administração Escolar  
*[Signature]*

**Centro de Formação de Francisco de Holanda**

## Diploma

Jorge do Nascimento Pereira da Silva, director do Centro de Formação de Francisco de Holanda sediado na Escola Secundária de Francisco de Holanda, Alameda Dr. Alfredo Pimenta, em Guimarães, com o registo de acreditação CCPFC/ENT-AE-0627/04, certifica que **ANA ISABEL CAMPOS OLIVEIRA SILVA**, residente em Rua Monsenhor António Araújo Costa, 29, RCH - C, 4810 GUIMARÃES, portadora do Bilhete de Identidade número 9197932 emitido pelo arquivo de identificação de Lisboa, 08/04/2003, participou na acção de formação subordinada ao tema **PROMOVER E RENOVAR O ENSINO EXPERIMENTAL DA FÍSICA E DA QUÍMICA**, organizada na modalidade de Oficina de Formação, com a duração de 25 horas e foi aprovada.


A Acção decorreu entre 2005-01-17 e 2004-02-21, nas instalações da Escola Secundária Francisco de Holanda, sob a orientação do formador António Martins de Sousa Bessa, a que, nos termos do Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores, corresponde 2.0 (duas) unidades de crédito.

Mais se certifica que a acção foi acreditada pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua sob o número de registo CCPFC/ACC-34854/04 e que, para os efeitos previstos no artigo 5º, número 2, do Decreto-Lei n.º 207/96 de 2 de Novembro (Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores), releva para efeitos de progressão na carreira de Professores do 3º ciclo do Ensino Básico e Secundário (Grupos 4.º A e 4.º B).

Guimarães, 2005-03-10

**O DIRECTOR**  
*[Signature]*

070162484

 **prodep II**   
Acção co-financiada pelo Fundo Social Europeu e Estado Português

**Anexo 12-** Certificado de frequência do curso de formação: “Medição e grafismo no ensino experimental da Física e da Química”, nos meses de fevereiro e março de 2006.

 **Ministério da Educação**

ESCOLA SEC. FRANCISCO HOLANDA  
Está Conforme o Original  
21 de Abril de 2006  
Chefe de Serv. da Administração Escolar  
*Enrico Costa de Sousa Costa*

 **Centro de Formação de Francisco de Holanda**

## Diploma

*Jorge do Nascimento Pereira da Silva, director do Centro de Formação de Francisco de Holanda sediado na Escola Secundária de Francisco de Holanda, Alameda Dr. Alfredo Pimenta, em Guimarães, entidade formadora acreditada pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua, com o registo de acreditação CCPFC/ENT-AE-0627/04, certifica que ANA ISABEL CAMPOS OLIVEIRA SILVA, residente em Rua Monsenhor António Araújo Costa, 29, RCH - C, 4810 - GUIMARÃES, portadora do Bilhete de Identidade número 9197932 emitido pelo arquivo de identificação de Lisboa, 2003-04-08, participou na acção de formação subordinada ao tema **MEDIÇÃO E GRAFISMO NO ENSINO EXPERIMENTAL DA FÍSICA E QUÍMICA**, organizada na modalidade de Oficina de Formação, com a duração de 25 horas e foi aprovada.*

*A Acção decorreu entre 2006-02-02 e 2006-03-07, nas instalações da Escola Secundária Francisco de Holanda, sob a orientação do formador António Martins de Sousa Bessa, a que, nos termos do Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores, corresponde a 2,0 (duas) unidades de crédito.*

*Mais se certifica que a acção foi acreditada pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua sob o número de registo CCPFC/ACC- 39663/05 e que, para os efeitos previstos no artigo 5º, número 2, do Decreto-Lei n.º 207/96 de 2 de Novembro (Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores), releva para efeitos de progressão na carreira de Professores dos 4º Grupos A e B do 3.º Ciclo/ Secundário.*

*Guimarães, 2006-05-12*

**O DIRECTOR**  
*Jorge do Nascimento Pereira da Silva*

070162484

 **CITE**  
Ação co-financiada pelo Fundo Social Europeu e Estado Português

 **prodep**

 **UNIAO EUROPEIA**  
Fundo Social Europeu



**Anexo 13-** Certificado de frequência do curso de formação: “A prática da avaliação do desempenho docente”, no mês de outubro de 2008.





**Anexo 14** Certificado de frequência da ação de formação: “Quadros interativos multimédia no ensino/aprendizagem das Ciências”, no mês de setembro de 2010.



plano tecnológico  
educação



competências  
tic

Entidade Formadora: Centro de Formação Francisco de Holanda  
Registo de Acreditação: CCPFC/ENT-AE-1004/08  
Validade da Acreditação: 3 de Novembro de 2011

**CERTIFICADO**

Certifica-se que **Ana Isabel Campos Oliveira da Silva**, docente do grupo de recrutamento **510**, de **Escola Secundária Francisco de Holanda**, frequentou com aproveitamento, com a classificação de **Excelente** (**9,3** Valores), a ação de formação contínua, **Quadros Interativos Multimédia no Ensino/Aprendizagem das Ciências Experimentais**, com o registo de acreditação nº **CCPFC/ACC-60162/09**, na modalidade de curso de formação, com a duração de 15 horas, relevando para efeitos de progressão em carreira dos grupos de recrutamento **230-510-520-530-540-550-560**, de acordo com o artº 5º e com o artº14 do Regime Jurídico da Formação Contínua, com 0,6 créditos realizada entre **2 de Setembro de 2010** e **7 de Setembro de 2010**, com o(s) formador(es): **Domingos Ribeiro Costa**

A ação inclui-se na formação prevista no artº 5º da Portaria 731/2009, de 7 de Julho, formação em competências pedagógicas e profissionais com TIC e corresponde a um curso de **Nível 2, Opcional**

Data: 22 de Novembro de 2010

  
(Director)







**Anexo 15-** Certificado de frequência do curso de formação: “Eletroquímica - Energia, Corrosão e Ambiente”, no mês de maio de 2010.



Universidade do Minho  
Escola de Ciências

14 de Junho, 2010

**Certificado**

Certifica-se que **Ana Isabel Campos Oliveira da Silva** frequentou com aproveitamento (Excelente - 9,3 valores, numa escala de 1-10) o Curso de Formação Contínua de Professores intitulado “Electroquímica – Energia, Corrosão e Ambiente”, que decorreu no Departamento de Química da Escola de Ciências da Universidade do Minho nos dias 24 de Abril, 8, 15 e 22 de Maio de 2010, num total de 25 horas.

O Curso foi assegurado pelos docentes:

Michael John Smith, Professor Catedrático do Departamento de Química da Universidade do Minho,  
António Maurício Fonseca, Professor Auxiliar do Departamento de Química da Universidade do Minho,  
Maria Manuela Silva, Professora Auxiliar do Departamento de Química da Universidade do Minho.

A Presidente da Escola de Ciências

*Estelita Vaz*  
Estelita Vaz



Universidade do Minho  
Escola de Ciências

O Docente

*Michael John Smith*  
Michael John Smith

**Anexo 16-** Certificado de frequência da ação de formação: “ Fiabilidade na classificação de respostas a itens de construção no contexto da avaliação externa das aprendizagens”, nos meses de março até setembro de 2011.



GABINETE  
DE AVALIAÇÃO  
EDUCACIONAL

## CERTIFICADO

O Gabinete de Avaliação Educacional certifica que **Ana Isabel Campos Oliveira Silva** concluiu com aproveitamento a seguinte ação de formação:

**Designação:** “Fiabilidade na classificação de respostas a itens de construção no contexto da avaliação externa das aprendizagens”

**N.º de registo de acreditação:** CCPFC/ACC-65334/11

**Modalidade:** Oficina de Formação

**Domínio:** Física e Química A

**Destinatários:** Docentes dos Grupos de Recrutamento 200, 210, 220, 230, 300, 310, 320, 330, 340, 350, 400, 420, 430, 500, 510, 520 e 600

**Duração:** 45 horas (15 horas presenciais e 30 horas não presenciais)

**Período de realização:** de março a setembro de 2011

**Local de formação:** Escola Básica e Secundária Santos Simões, Guimarães

**Formador(es):** Lúcia Dias de Sousa

**Créditos atribuídos:** 1,2

**Avaliação qualitativa:** Muito Bom



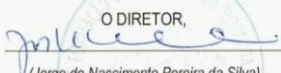
**Avaliação quantitativa:** 8,7 valores

Lisboa, 27 de novembro de 2011

O Diretor

(Helder Diniz de Sousa)

**Anexo 17-** Certificado de frequência da ação de formação: “A exploração dos audiovisuais no processo da aprendizagem no ensino básico e secundário”, nos meses de janeiro e março de 2012.

	<b>GOVERNO DE PORTUGAL</b>	<b>MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CIÊNCIA</b>	 Centro de Formação Francisco de Holanda
<h2>Certificado</h2>			
<p>Jorge do Nascimento Pereira da Silva, diretor do Centro de Formação Francisco de Holanda, entidade formadora acreditada pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua com o registo de acreditação CCPFC/ENT-AE-1084/11, certifica que <b>Ana Isabel Campos Oliveira da Silva</b>, docente do grupo de recrutamento <b>510</b>, a exercer funções na Escola / Agrupamento <b>Secundária Francisco de Holanda</b>, portador(a) do Bilhete de Identidade/Cartão de Cidadão n.º <b>091979323zz6</b>, concluiu com aproveitamento a ação de formação <b>A exploração dos audiovisuais no processo da aprendizagem no ensino básico e secundário</b>, realizada na <b>Escola Secundária Francisco de Holanda</b>, de <b>18 de Janeiro a 20 de Março 2012</b>, sob orientação de <b>Alberto José Guedes Lameiras</b>, na modalidade de <b>Oficina de Formação</b>, com o n.º de registo <b>CCPFC/ACC-67242/11</b> e a duração de <b>25 horas presenciais e 25 horas de trabalho autónomo</b>, a que correspondem <b>2 créditos</b>, nos termos do Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores.</p>			
<p>Em conformidade com o referencial da escala de avaliação previsto no n.º 2 do artigo 46º do Estatuto da Carreira Docente, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 15/2007, de 19 de janeiro, o(a) docente foi avaliado com a classificação de <b>9.1</b> valores, a que corresponde a menção qualitativa de <b>EXCELENTE</b>.</p>			
<p>Certifica-se ainda que, para os efeitos previstos no artigo 5º do Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 207/96, de 2 de Novembro, com as alterações introduzidas pelo artigo 4.º do Decreto-Lei n.º 15/2007, de 19 de Janeiro, a ação releva para efeitos de apreciação curricular e para a progressão na carreira docente. Para efeitos de aplicação do n.º 3 do artigo 14º do mesmo RJFCP, a ação não releva para a progressão em carreira de professores dos grupos <b>Professores do básico e secundário</b>.</p> <p>Pelo que, nos termos do artigo 13.º do Decreto-Lei n.º 207/96, de 2 de Novembro, com as alterações introduzidas pelo artigo 4º do Decreto-Lei 15/2007, de 19 de Janeiro, se emitiu o presente certificado, que assino e autentico com o carimbo em uso neste Centro de Formação.</p>			
22 de Maio de 2012		 O DIRETOR, (Jorge do Nascimento Pereira da Silva)	
<p>Escola Secundária de Francisco de Holanda Alameda Dr. Alfredo Pimenta, 4814 – 528 Guimarães Telef: 253 513 073; Fax: 253 519 016 URL: <a href="http://www.cfh.pt">www.cfh.pt</a> E-mail: <a href="mailto:cfaecfh@gmail.com">cfaecfh@gmail.com</a></p>			



**Anexo 18-** Certificado de frequência da ação de formação: “Avaliação: Funções e Práticas”, nos meses de maio até setembro de 2012.



GOVERNO DE  
PORTUGAL

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
E CIÊNCIA



GABINETE  
DE AVALIAÇÃO  
EDUCACIONAL

## CERTIFICADO

O **Gabinete de Avaliação Educacional** certifica que **ANA ISABEL CAMPOS OLIVEIRA SILVA** concluiu com aproveitamento a seguinte ação de formação:

**Designação:** “Avaliação: funções e práticas”

**N.º de registo de acreditação:** CCPFC/ACC-69410/12

**Modalidade:** Oficina de Formação

**Domínio:** Física e Química A

**Destinatários:** Docentes dos Grupos de Recrutamento 200, 210, 220, 230, 300, 310, 320, 330, 340, 350, 400, 410, 420, 430, 500, 510, 520 e 600

**Duração:** 45 horas (15 horas em e-learning / 30 horas de trabalho autónomo)

**Período de realização:** De maio a setembro de 2012

**Local de formação:** Formação a distância

**Formador(es):** Maria Alice Cação Pedroso

**Créditos atribuídos:** 1,2

**Avaliação qualitativa:** Excelente

**Avaliação quantitativa:** 9,6 valores

Lisboa, 27 de dezembro de 2012

O Diretor

(Helder Diniz de Sousa)

**Anexo 19-** Certificado de frequência da ação de formação: “Itens e critérios: definição, construção e aplicação”, na modalidade “Oficina de formação”, nos meses de abril até setembro de 2013.



GOVERNO DE  
PORTUGAL

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
E CIÊNCIA



GABINETE  
DE AVALIAÇÃO  
EDUCACIONAL

## CERTIFICADO

O **Gabinete de Avaliação Educacional** certifica que **ANA ISABEL CAMPOS OLIVEIRA SILVA** concluiu com aproveitamento a seguinte ação de formação:

**Designação:** “Itens e critérios: definição, construção e aplicação”

**N.º de registo de acreditação:** CCPFC/ACC-73975/13

**Modalidade:** Oficina de Formação

**Domínio:** Física e Química A

**Destinatários:** Docentes dos Grupos de Recrutamento 200, 210, 220, 230, 300, 310, 320, 330, 340, 350, 400, 410, 420, 430, 500, 510, 520 e 600

**Duração:** 45 horas (15 horas em e-learning / 30 horas de trabalho autónomo)

**Período de realização:** De abril a setembro de 2013

**Local de formação:** Formação a distância

**Formador(es):** Maria Alice Cação Pedroso

**Créditos atribuídos:** 1,2

**Avaliação qualitativa:** Excelente

**Avaliação quantitativa:** 9,0 valores

Lisboa, 27 de dezembro de 2013

O Diretor

(Helder Diniz de Sousa)

Anexo 20- Certificado de frequência do Congresso subordinado ao tema “Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências”.

## **TRABALHO PRÁTICO E EXPERIMENTAL NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**

### ***Certificado***

*Declara-se que Ana Isabel Campos Oliveira da Silva  
participou no Congresso subordinado ao tema Trabalho  
Prático e Experimental na Educação em  
Ciências, o qual decorreu na Universidade do Minho,  
em Braga, nos dias 22, 23 e 24 de Março de 2000.*

*Braga, 24 de Março de 2000*



Departamento de  
Metodologias da Educação

Instituto de Educação e  
Psicologia

*A Comissão Organizadora*

*Leonor Jacinto*





Anexo 21- Certificado de frequência da ação de formação: “Desenvolvimento de Competência Social”.

**Escola EB 2,3 de Montelongo - Fafe**



## **CERTIFICADO**

**ACÇÃO DE FORMAÇÃO**

**DESENVOLVIMENTO  
DA COMPETÊNCIA SOCIAL**

Certifica-se que o(a) Professor(a) Amo Isabel Campos  
Olivia de Silva, do 4.º A Grupo Disciplinar, participou na Acção  
de Formação “**DESENVOLVIMENTO DA COMPETÊNCIA  
SOCIAL**” realizada no dia 24 de Fevereiro de 2000, no âmbito do  
Programa de Promoção de Educação para a Saúde, dinamizada pela  
Dra. Rosa Dinis.

Fafe, 24 de Fevereiro de 2000

O Coordenador  
dos Projectos da Escola

O Presidente  
do Conselho Executivo

Anexo 22- Certificado de frequência da ação de formação: “Programa T3 Portugal”.



## CERTIFICADO

Certifica-se que Amã Isabel Campos Oliveira da Silva  
esteve presente na Sessão de Apresentação incluída no Programa  
T<sup>3</sup> Portugal, realizada na Escola EB 2,3 de Egas Moniz, em  
Guimarães, no dia 1 de Fevereiro de 2001, das 15h às 18h.

Guimarães, 1 de Fevereiro de 2001

*Res/*

A Direcção da A.P.M.

*Zauca Silveira*



Anexo 23- Certificado de frequência da ação de formação: "Dificuldades de Aprendizagem – Que respostas".

# CERTIFICADO

Certifica-se que o (a) professor(a) Auribet Campos Oliveira do Soc esteve presente na Acção de Formação subordinada ao tema *Dificuldades de Aprendizagem – Que respostas*, realizada pela Dr.<sup>a</sup> Margarida Delgado, no dia 27 de Novembro, promovida pelo Grupo Disciplinar de Geografia da Escola E B 2-3 João de Meira.

Guimarães, 27 de Novembro de 2002


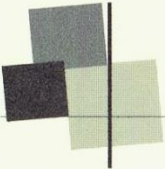
A Presidente da Comissão Provisória

*Paula de Jesus Almeida*



Escola E. B. 2,3 João de Meira - Guimarães

**Anexo 24-** Certificado de frequência da ação de formação: "A Gestão Curricular: Avaliar e Reformular".




**ESCOLA E.B. 2,3 JOÃO DE MEIRA**

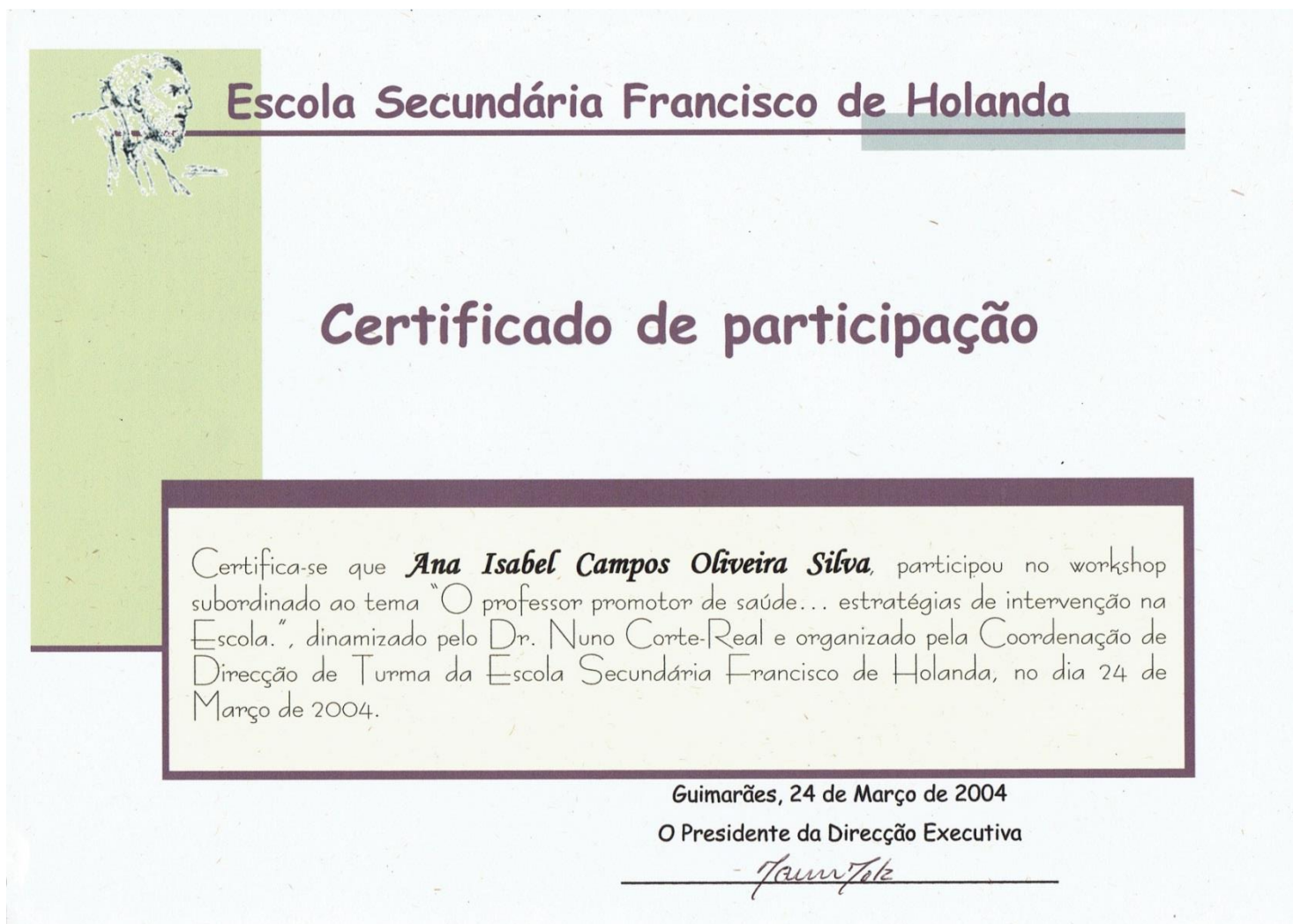
**CERTIFICADO**

Certifico que, Ama Isabel Campos Oliveira da Silva participou na  
sessão de divulgação do conteúdo do seminário sobre "A Gestão Curricular : Avaliar e Reformular", realizada em 27 de  
Fevereiro de 2003, na Escola E.B. 2,3 João de Meira, orientada pela docente Maria da Graça C. C. Vasconcelos.

Guimarães, 27 de Fevereiro de 2003

A Presidente da Comissão Provisória







# Certificado

A TEXTO EDITORES certifica que o(a) Ex.mo(a). Sr.(a) Professor(a)  
ANA ISABEL CAMPOS OLIVEIRA DA SILVA participou numa sessão  
sob a temática «**Da Comunicação a longas distâncias à Física Moderna**»,  
dinamizada pelo Dr. Manuel Fiolhais, que se realizou no dia 10 de Março de 2009,  
na Escola EB S/3 Fafe.





# Certificado

Para os devidos efeitos, certifica-se que Ama Isabel Campos Oliveira da Silva participou na conferência “Holografia” integrada no Projecto “A Física para não Físicos”, promovida pela disciplina de Física e Química A e realizada no Centro Cultural Vila Flor em Guimarães.

Guimarães, 28 de Janeiro de 2009.

Manuel Carvalho da Mota  
O Presidente do Conselho Executivo,  
Manuel Carvalho da Mota



**Anexo 28-** Certificado de frequência da Palestra: “Escola Inclusiva? Sociedade Inclusiva?”.



## *Certificado*

Certifica-se que Ava Isabel Campos Oliveira da Silva participou na palestra/debate subordinada ao tema “Escola Inclusiva? Sociedade Inclusiva?” que se realizou no dia 26 de Março de 2009, dinamizada pelo Doutor Carlos Alberto Gomes, professor do Departamento de Sociologia da Educação e Administração Educacional do Instituto de Educação e Psicologia Universidade do Minho.

Guimarães, 26 de Março de 2009

O Presidente do Conselho Executivo

Manuel Carvalho da Mota

Manuel Carvalho da Mota

**Anexo 29-** Certificado de frequência da ação de formação: “Projeto Curricular de Turma”.

